PAUL DIMO

ERGONOMIE INTELECTUALĂ

CU MODELUL REȚEA

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

Scanned with OKEN Scanner

PAUL DIMO

ERGONOMIE INTELECTUALĂ CU MODELUL REŢEA

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

București, 1983

Scanned with OKEN Scanner

Intellectual ergonomy with a network model

Интеллектуальная эргономия с сетьевой моделью

EDITURA ACADEMIEI REPUBLICII SOCIALISTE ROMÂNIA

R 79717, București, Calea Victoriei nr. 125

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚĂ

În ultimele decenii inteligența umană și-a dobîndit un nou partener — inteligența artificială. De această dată „dialogul om-mașină", ce devine familiar în revoluția industrială prin care trecem, a căpătat aspecte noi. „Mașina" a devenit inteligentă. Astfel, în cercetarea investigatoare modelele *conceptive devin indispensabile.*

Modelul capătă un conținut adaptat felului de muncă al omului, respectînd exigențele ergonomiei, care ia aspecte insolite atît pentru om, cît și pentru ordinatorul cu care dialogheză.

Modelul rețea *este de mult un model clar și util în anumite cercetări, limitat la sisteme relativ simple în care facilitează obținerea soluției. Totuși, în definiția noțiunii de sistem distingem și o variantă amintită des în această lucrare, care ar permite extinderi interesante modelului rețea. S-o enunțăm : Sistem este un ansamblu de obiecte unite printr-o regulă de interacțiune sau interdependență (Dicționarul Webster). Această definiție permite trasarea unui desen reprezentativ de tip rețea în care :* nodurile *sînt obiectele ansamblului de orice natură ar fi ele, iar* ramurile *ce leagă nodurile stabilesc interacțiunea și interdependența între noduri.*

Încurajat de succesul metodei REI, care a fost adoptată în ultimii ani pe plan mondial pentru studii și cercetări în complexele și vastele sisteme electroenergetice moderne, am pornit de la conceptele acestei metode, numită și Analiza Nodală, încercînd extinderi în alte domenii. Acest lucru este justificat de faptul că în soluțiile analizei nodale s-a încercat permanent optimizarea poziției intelectuale a omului în fața inteligenței artificiale. Asociind și imagini nodale *rețelelor REI,* s-a *ajuns la simplitatea necesară pentru raționamente clare, directe, în probleme complicate, sugerînd idei noi și mobilizînd chiar intuiția.*

Scanned with OKEN Scanner

Schema REI este cea mai simplă reprezentare a fluxului informațional. Ea este radială, cu un nod central și ramuri radiale care au noduri la capătul lor (le vom numi noduri radiale). Fluxul informațional poate circula de la nodurile radiale către nodul central, atunci cînd se analizează acest nod. Circulația este inversată, de la nodul central către nodurile de frontieră, atunci cînd se face analiza influenței nodului central asupra nodurilor din sistem față de care are o „interacțiune", reprezentată prin ramurile radiale. O asemenea rețea simplă este obținută pentru echivalarea topologiilor complicate, cu diverse tensiuni și trepte ierarhice ale sistemelor electrice moderne. Aceeași rețea radială este utilizată și ca operator în diverse transformări ale rețelei reale, în modele elementare simple (vezi rețeaua cu bilanț energetic nul [18]).

În multe alte sisteme, ce pot fi reprezentate grafic cu configurații de rețea, sînt cîteodată folosite grafuri de diverse tipuri pentru investigarea situațiilor. Rolul euristic ce rezultă dintr-o ergonomie intelectuală a fost rar căutat. Să notăm, astfel, două cazuri ce ni se par de o deosebită importanță: cibernetica — domeniu nou și sistemul nervos (al omului, în primul rînd, și al vietăților în general). În ambele domenii sînt posibile reprezentări grafice, utilizînd cînd este cazul modele de tip rețea. În fond, sistemul nervos este o rețea care apare ca o minune a naturii în subtilitatea organizării circulației informației, a deciziei și a comenzilor. În ambele domenii apare o noțiune relativ nouă: feedbackul sau reacțiunea. Figurarea acestei noțiuni, sub formă grafică în multiplele ei feluri de manifestare, capătă reprezentări simple și sugestive în grafurile de fluență. Evident, sînt aspecte multiple ce sînt necesare să fie puse în evidență pentru cercetătorul specializat. Așa-numita „algebră grafică" oferă posibilități de reprezentare, în care există o elasticitate completă în stabilirea unor diferite structuri de rețele, ce pune în evidență relațiile dintre diverse noduri. Feedbackul poate fi reprezentat, în primul rînd, printr-o buclă a unui nod, sau printr-un contur ce traversează mai multe noduri, sau chiar printr-o singură ramură a cărei „transmitanță" a fost modificată de un nod (sau mai multe), cu buclă, care a fost redus pentru a figura relația echivalentă directă dintre cele două noduri de la capătul ramurii. Astfel, interdependența și interacțiunea dintre noduri poate fi, pe de o parte, reprezentată schematic după logica gîndirii cercetătorului, iar pe de altă parte, soluțiile pot fi găsite pe cale algebrică (de calculator), fie pe cale grafică, direct, satisfăcînd necesități ergonomice. În plus,

Scanned with OKEN Scanner

rețelele rezultate pentru circulația semnalelor pot fi și ele „liniarizate" în căutarea unor anumite aspecte calitative, așa cum s-a procedat și în cazul rețelelor REI.

★

În eseul de față m-am ferit să dau soluții, ieșind din domeniul rețelelor electrice care îmi este familiar, în convingerea că specialistul trebuie respectat. El este singurul în măsură să aprecieze ce este „ergonomic" și ce nu în domeniul său. Astfel, rîndurile ce urmează ar putea fi socotite de cititor ca lipsite de soluții și mai mult numai o încercare de a formula unele premise ce ar putea deschide drumuri noi.

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

INTRODUCERE

0.1. Dimensiune intelectuală nouă în perspectivă 13
0.2. Cercetătorul și poziția ergonomică în fața inteligenței artificiale. 13
0.3. Experiența „imaginilor" analizei nodale 14
0.4. Efortul calculatorului 15
0.5. Fiecare domeniu cu problemele lui, dar toate cu o problemă comună 16
0.6. Noțiuni ancestrale în poziția omului în fața inteligenței artificiale. Mulțimile „fuzzy" 18

PARTEA ÎNTÎI. **Ergonomia intelectuală : O necesitate în revoluția tehnico-științifică a secolului 20**

1. Imperative noi în anii revoluției tehnico-științifice 22
2. Conținutul ergonomiei? 22
3. După înlocuirea muncii fizice prin mașină, o înlocuim și pe cea intelectuală? 23
4. Conflictul dintre înțelegerea intuitivă și formalismul inevitabil în cercetarea cu calculatoarele electronice 24
5. Pledoarie pentru preocupări „ergonomice" în munca intelectuală. Drama ecranelor lui M. Malița 26
6. Ecranul de vizualizare, dispozitiv periferic al calculatorului, element esențial al „ergonomiei intelectuale" 29
7. Modelele și ierarhizarea lor „ergonomică" 31
8. Ierarhizarea modelelor din punct de vedere ergonomic 33
9. Geometria în construirea modelelor ergonomice 35
10. O nouă sursă de modele? Teoria sistemelor 38

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A DOUA. **Rețelele și posibilitățile lor de abordare sistemică în alte domenii**

11. Rețele electrice, model pentru reprezentarea unui sistem 42
12. Graful REI : o încercare de generalizare a conceptului REI. 45
13. Două scheme elementare reprezentative a legăturii între „noduri" și „laturi" formînd un graf 49
14. Rolul euristic al reprezentărilor cu ajutorul figurilor geometrice simple în analiza sistemelor 50
15. Exemple de analiză a structurilor și stărilor prin utilizarea celor două concepte figurative fundamentale ale analizei nodale 52

PARTEA A TREIA. **Grafuri și rețele cu geometrii reprezentative**

16. Incursiuni în teoria grafurilor de fluență 62
17. Graf de fluență *N* și *M* în studiul rețelelor electrice — posibilități de vizualizare 72
18. Apropieri și diferențe între conceptele analizei nodale (REI) și ale algebrei grafice în studiul rețelelor electrice 77
19. Considerarea în figurile geometrice obținute a conceptelor și noțiunilor uzuale cele mai simple și familiare specialiștilor domeniului. Exemple din AND 78

PARTEA A PATRA. **Ergonomia intelectuală — problemă centrală a viitorului**

20. Perspective — impactul microprocesorului, estimatorului de stare și creionului luminos (light-pen) pentru interfața om-calculator pe modele REI. . . . 92
21. Repunerea problemei în structura REI sau de tip REI 95
22. Indicatori geometrici în cazul sistemelor neformalizabile matematic 99
23. Diagnostic vizualizat pe grafuri REI 99
24. Graful REI — schematizarea cea mai simplă a fluxului informațional 103
25. Probabilități, statistică și informatică. Importanța modelului reprezentativ 106
26. Concepte fuzzy 106
27. Ergonomia în cercetarea noului 108

PARTEA A CINCEA. **Cercetări incrementale pe imaginea nodului pentru anumite familii de „modele rețea"**

28. Increment 114
29. Introducerea reglajelor, tensiunilor și puterilor generatorilor 119
30. Studii cu ajutorul schimbărilor incrementale 120

Scanned with OKEN Scanner

31. Aplicarea funcţiilor incrementale considerînd natura sistemelor electroenergetice moderne vaste interconectate 129
32. Modelul reţea şi „cercetarea incrementală" în alte domenii ce prezintă analogii cu reţelele electrice 133

Postfaţă 135

Bibliografie 139

Abstract 143

Scanned with OKEN Scanner

INTRODUCERE

0.1. DIMENSIUNE INTELECTUALĂ NOUĂ ÎN PERSPECTIVĂ

„Dacă nu vrem să suferim de obișnuita atrofie a filozofilor de cabinet, trebuie din cînd în cînd să ne suflecăm mînecile și să mînuim puțin lopata".

RICHARD BELLMAN & STUART DREYFUS

Sîntem în epoca revoluționară a formării „inteligenței artificiale". Performanțele în plin dinamism ale calculatoarelor electronice au pus omul de știință într-o poziție nouă, cu posibilități mari de creație. Limitele acestei noi evoluții atît pentru om cît și pentru calculator nu sînt încă clar cunoscute.

Performanțele acestei noi formațiuni sînt în continuă depășire.

Este acesta un proces cu anumite granițe finale pe care le putem prevedea? Problema cea mai arzătoare pentru lămurirea senzaționalei perspective deschise azi de electronică constă într-o primă lămurire a condițiilor și caracteristicilor inteligenței și a evoluțiilor ei în perspectivă, considerînd pozițiile noi în care se dezvoltă astăzi spiritul științific. Cadrul general în care evoluează azi cercetarea științifică pune probleme de o mare complexitate organizării unităților de cercetare, a formării „cercetătorului", pentru a face posibilă o încadrare optimă în mersul ascendent al cunoașterii și a putea beneficia din plin de noua evoluție.

0.2. CERCETĂTORUL ȘI POZIȚIA ERGONOMICĂ ÎN FAȚA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE

În timpurile noastre a apărut o nouă categorie intelectuală: „Cercetătorul". Cred că se poate afirma că o primă condiție pentru integrare în progresul rapid al noii dezvoltări este dată de exigen-

Scanned with OKEN Scanner

ţele necesare pentru asigurarea formării cercetătorului. S-au formulat deja o serie de concluzii în această privinţă din experienţa cîştigată. Se ştie că această nouă formaţiune are caracteristici noi, pentru care sînt necesare : *un dinamism creator de idei noi*, şi un spirit de „invenţie". Cercetătorul poate fi format din evoluţia specialistului sau a profesorului erudit, dar trebuie să se mai adauge ceva. Formaţia lui va conveni unor anumite categorii de cercetători, şi ar fi greu de definit calităţile specifice cercetătorului unui domeniu sau altul cu excepţia pasiunii pentru creaţie. Să revenim însă la *problema centrală* a posibilităţilor noi de creaţie deschise cercetătorilor de evoluţiile electronicii.

Ajungem astfel la problema *găsirii optimului relaţiei* cercetător — inteligenţă artificială în scopul asigurării poziţiei fertile a cercetătorului în faţa noului obiect neanimat.

Este o poziţie ergonomică pe care o putem denumi *ergonomie intelectuală* căci se rezumă numai la mobilizarea intelectuală a omului în faţa noii maşini.

Cercetările necesare pentru găsirea acestei poziţii ne apar de o importanţă deosebită.

Complicaţia unor asemenea cercetări constă în faptul că ele pot fi greu întreprinse de un singur cercetător sau un grup aparţinînd toţi unei singure discipline, şi comune aceleia corespunzătoare domeniului formaţiei lor. Numai un colectiv mixt, format aş spune „sinergic", pare a fi potrivit descoperirii noului. Ochiul rămîne ajutorul nostru principal în primirea informaţiilor din afară. Sugestia şi intuiţia necesară creativităţii sînt ajutate de „vizualizarea" figurilor geometrice analogice, sau imagini imitative, care sînt utilizate cu mult folos azi în „inteligenţa artificială" [56]. Rezultă de aici că o primă problemă este găsirea poziţiei optime a creatorului ce abordează noul în faţa ordinatorului.

0.3. EXPERIENŢA „IMAGINILOR" ANALIZEI NODALE (AND)

Vom reaminti o experienţă interesantă făcută la noi în ţară cu ocazia întocmirii planurilor de electrificare de către Institutul de studii şi proiectări electroenergetice, lămuritoare în legătură cu importanţa deosebită a „vizualizării" graficelor analogice ale fenomenelor electrice din sistemele electroenergetice.

Pentru primul plan de electrificare (1950) a fost utilizată o metodă grafică de calcul (pe aşa-zise „imagini nodale") propusă de

Scanned with OKEN Scanner

autor [37], care dădea rezultate suficient de exacte, cu toate că se introduceau unele aproximaţii simplificatoare în determinarea complexelor probleme ale sistemului energetic (reglaj, stabilitate statică şi dinamică etc.). Odată cu apariţia computerului această metodă a pierdut din importanţă fiind înlocuită de programele calculatorului cu care se puteau obţine rezultate mai exacte [60].

Totuşi, cei ce calculasem pînă atunci cu metoda grafică continuam să trasăm imagini nodale pentru diversele stări staţionare sau dinamice stabilite de calculator în problemele dificile. Imaginile ne dădeau acum un plus de informare dincolo de stările lămurite de calculator. Din aceste imagini puteam stabili o ierarhie a regimurilor din punct de vedere al stabilităţii, cauzele evolutive ce ar putea conduce la instabilitate, repartiţia optimă a puterilor sarcinii totale pe generatorii sistemului etc. Evident, asemenea concluzii puteau fi deduse şi cu ajutorul calculului numeric, examinînd un număr foarte mare de stări, de multe ori însă ignorînd totuşi esenţialul, esenţial pe care numai o examinare simplă a imaginii îl sugera uşor celor iniţiaţi în indicaţiile diagramei. Astfel, imaginea nodală desenată cu valorile mărimilor date de calculator plasa calitativ regimul, sugera schimbările pentru a obţine un rezultat sau altul şi mai ales arăta simplu evoluţiile periculoase ce trebuie evitate. Astfel de cercetări pe imagini nodale continuă şi în ziua de azi încă, în instituţiile noastre. Astfel, citäm o foarte valoroasă lucrare [39] publicată de doi cercetători ai ISPE-ului, buni cunoscători ai imaginilor nodale încă din anii 1950, în care se „vizualizează" cu multă claritate, pe asemenea imagini, fenomenele de degradare a tensiunii reţelelor de transport. Lucrarea aduce precizări şi informaţii în plus în cazul incidentului din 19 decembrie 1978 al reţelei de înaltă tensiune a Franţei care fusese examinat şi de cercetătorii francezi cu ajutorul modelului cu sarcină unică al analizei nodale [39, 40].

Concluzia la care au ajuns toţi cei ce cunoşteau bogăţia informaţiilor şi sugestiilor care se pot obţine prin construirea imaginilor nodale este desigur că aceste grafice trebuie utilizate mai departe. Ele sînt în special utile pentru orientarea omului în dialogul lui cu calculatorul.

0.4. EFORTUL CALCULATORULUI

Este evident că poziţia optimă pentru cercetătorul stărilor unui sistem energetic este obţinerea directă a imaginilor nodale corespunzătoare regimului cercetat pe ecranul de vizualizare al calcula-

Scanned with OKEN Scanner

torului. Astăzi acest lucru e ușor posibil. La cerere se pot obține pe ecranul calculatorului variate imagini nodale pentru nodurile importante ale sistemului sau chiar pentru noduri REI [15, 18, 41].

Evident, această muncă în plus a calculatorului trebuie organizată cu o serie de programe speciale, pentru a se reda tot ce ar fi necesar cercetătorului. Este o formație nouă cerută programatorilor pentru calculele numerice în regimurile staționare, cinetice sau tranzitorii ale sistemelor electroenergetice. Ei trebuie să cunoască bine ce se poate obține ca informații în plus din geometria imaginii care va permite „vizualizarea". Dacă adăugăm la aceste programe cele necesare utilizării creionului luminos, putem conclude că operațiile ce vor fi atribuite atît calculatorilor cît și programatorilor depășesc cu mult pe cele curente azi în tehnica de calcul numeric a regimurilor sistemelor electroenergetice.

Este aceasta organizarea revoluționară a viitorului în evoluția spectaculoasă a electronicii? Dar perspectiva în alte domenii în care inteligența artificială a început să fie manifestă?

0.5. FIECARE DOMENIU CU PROBLEMELE LUI, DAR TOATE CU O PROBLEMĂ COMUNĂ

„Imaginile înfrumusețează gîndul"
(Vauvenargues, *Réflexions et maximes*, 1745)

Concluziile ce pot fi trase din drumul parcurs de Analiza Nodală Dimo (AND) în ceea ce privește organizarea relației om-calculator reamintite aici, par a avea și caractere generale. Sînt puține domenii în care *geometria* și *figurile analogice* nu dau un suport fertil gîndirii noastre. În noua poziție în care se găsește astăzi omul de știință, și cercetătorul în general, *vitalizarea* gîndirii [23] prin imagini geometrice poate fi ușor făcută și cu beneficii spectaculoase. Dar pentru aceasta nu este suficient ca electronistul și constructorii de calculatoare să completeze inteligența artificială cu noi și atotputernice dispozitive de reproducere pe ecranele calculatoarelor a oricărei geometrii, în culori sau în alb-negru, facilitînd cercetătorului dialogul cu calculatorul prin orice alt instrument ajutător (creion luminos, compas etc.). Toate aceste posibilități vor fi binevenite dar nu este destul. Ceea ce pare esențial și comun în orice domeniu, ce se dorește studiat cu ajutorul noii mașini neanimate, este utili-

Scanned with OKEN Scanner

zarea capacității mașinii de a se exprima în afară de cifre și prin *desene sugestive adaptate domeniului* respectiv. Această adaptare pune încă probleme pe care nu electronistul le poate rezolva.

Bogăția tehnicilor de exprimare grafică ce s-au dezvoltat în secolul nostru trebuie fertilizate în toate domeniile în care pot găsi convenientă. Dăm ca exemplu noile metode bazate pe *teoria grafurilor*, posibile de introdus astăzi în cele mai variate domenii, pînă la cercetările economice, care au făcut obiectul unor prime cercetări ale matematicianului D. König [30]. Acesta își propusese un studiu teoretic al proprietăților unor desene geometrice intuitive pe care le-a denumit *grafuri*. Astăzi asemenea reprezentări geometrice pot contribui valoros la asocierea intuiției și a imaginației, pentru fertilizarea cercetării și în același timp pot căpăta viață pe ecranele calculatoarelor.

Ne referim în primul rînd la *teoria grafurilor de fluență*, pe care le considerăm cu posibilitățile cele mai reprezentative geometric și elastic adaptabile în reprezentarea oricărui sistem fizic ce poate fi reprezentat de o diagramă schematică. Ecuațiile algebrice liniare sau liniarizabile își găsesc în acest tip de graf posibilități de reprezentare multiple, pe care am încercat să le punem în evidență în această lucrare. „Algebra grafică" poate constitui în multe domenii un suport adaptat „vizualizării" cercetătorului în organizarea ergonomiei intelectuale în problemele ce le cercetează. Dincolo de grafurile de fluență, recomandabile în primul rînd, toate exprimările prin grafuri rămîn interesante și trebuie considerate, calculatorul putînd reproduce ușor toate tipurile de scheme ce aparțin unui anumit domeniu și care au căpătat deja în epoca noastră diferite denumiri: simplexe în topologie, sociograme în psihologie, circuite în fizică, diagramă de organizare în economie, arbori genealogici în sociologie, heraldică etc., rețele de comunicație în telecomunicații, drumuri, căi ferate etc. Toate aceste noțiuni pot fi azi vizualizate, mobilizînd atenția cercetătorilor în informatică, în cibernetică, în teoria jocurilor, în științele de comportament etc.

Problema comună în toate domeniile ce vor utiliza cu eficiență ordinatorul este *sprijinul pe imagine* al cercetătorului. Pentru găsirea optimului în organizarea relației ergonomice om-ordinator, colectivele de cercetare stabilind o astfel de relație trebuie să aibă o compoziție adaptată la toate aspectele, din care să nu lipsească:

— *Specialistul* domeniului respectiv, bun cunoscător al problemelor și reprezentărilor grafice sugestive.

— *Matematicianul*, sau mai degrabă cunoscătorul reprezentărilor sugestive a relațiilor matematice cum sînt grafurile.

— *Un psiholog* și eventual *fiziolog*, care sînt necesari în general în relațiile om-mașină.

Aceste formații nu pot fi definite riguros ca conținut într-o disciplină sau alta. Enunțarea lor este însă necesară pentru a clarifica calitățile și activitățile unui anumit tip de cercetător.

★

Lucrarea de față trebuie considerată ca un eseu, ce nu are pretenția decît de a atrage atenția asupra unei necesități intelectuale a omului pus în fața ordinatorului atotputernic al zilelor noastre.

Justificarea insistenței în această lucrare asupra *schematizării REI* care e propusă ca exemplu-model al ergonomiei intelectuale, corespunde faptului că pe de o parte această schematizare se regăsește în multiple reprezentări geometrice ale conceptelor noastre, iar pe de altă parte reprezintă o experiență trăită. Într-adevăr, schematizarea sub formă de rețele poate fi considerată o înscriere a „cunoașterii" care e reprezentată geometric în legăturile și nodurile rețelelor. Astfel Analiza Nodală cu noduri artificiale REI pare a permite apropieri și în alte domenii în care schematizarea REI este reprezentativă, asociată cu modele analogice (Imagini Nodale).

În legătură însă cu „ergonomia intelectuală" în cercetarea creativă sînt încă necesare și alte posibilități, în legătură cu noțiunile ancestrale ale omului, noțiuni pe care ordinatorul nu le reproduce. Importanța deosebită a acestor noțiuni este evidentă pentru poziția omului, care în multe probleme necesită informări „calitative" de caracterizare a unei situații sau obiect și nu mai mult. Ne vom ocupa și de acest aspect, în care imaginile nodale dau soluții geometrice în domeniul rețelelor.

0.6. NOȚIUNI ANCESTRALE ÎN POZIȚIA OMULUI ÎN FAȚA INTELIGENȚEI ARTIFICIALE. MULȚIMILE „FUZZY"

„Una dintre distincțiile esențiale între inteligența umană și „inteligența mașinilor" este aceea că omul posedă abilitatea de a manipula concepte vagi, abilitate pe care calculatoarele de azi nu o au" [54].

C. V. NEGOIȚĂ și D. A. RALESCU

Rețelele pot lua variate topologii. Plecînd de la cele două rețele elementare, radiale și buclate, există posibilități elastice de a le combina în rețele complexe sau de alt tip. Astfel, putem obține topologii

Scanned with OKEN Scanner

simple în antenă (arborescente) care înșiră de fapt scheme radiale cu două sau mai multe ramuri. Termenul în „antenă' este propriu rețelelor electrice de energie. „Arbore'' are un caracter mai general. Notăm că unii arbori pot fi consideraţi ca formaţi din scheme REI înșirate în sensul dat în Analiza Nodală Dimo (AND) *) (Radial-Echivalent-Independent) în care atenţia trebuie oprită asupra caracteristicii INDEPENDENT, așa cum se insistă în acest eseu. Rețelele de diverse topologii și mai ales cele arborescente sînt des utilizate astăzi în cele mai variate domenii [10]. Există deci o mare și elastică posibilitate de reprezentare prin rețele de diverse tipuri care pot fi componente interesante în ergonomia intelectuală. Unul, însă, din elementele cele mai importante pentru poziţia optimală a omului este respectarea obiceiurilor noastre ancestrale în legătură cu noţiunile ce le utilizăm permanent și ne sînt familiare.

O teorie matematică recentă și spectaculoasă încearcă astăzi să exprime noţiuni așa cum s-au format ancestral de-a lungul veacurilor în gîndirea omului [54, 55].

Doresc să atrag atenţia de la început asupra teoriei „mulţimilor fuzzy'' pe care le consider de un interes deosebit în perspectivă pentru ergonomia intelectuală. Procesele aleatorii (probabilităţi, statistică matematică etc.) prin care exprimăm astăzi cifric anumite comportări, evenimente etc. sînt noţiuni relativ recente. Din punct de vedere al mulţimilor fuzzy, sau a conceptelor anterioare dezvoltărilor matematice moderne, se putea spune numai este „probabil'' sau „improbabil'', fără nici o altă evaluare cifrică de măsurare a probabilităţii.

Conceptele fuzzy aparţin oare unei etape anterioare a gîndirii moderne în care calificative și expresii vagi (fuzzy) erau singurul mijloc de comunicare și definire a proceselor gîndirii și a cunoașterii? Matematica se oprea la foarte puţin, chiar după salturile importante făcute în urma strălucitei influenţe a civilizaţiei grecești.

Aceste concepte ancestrale au însă și astăzi o importanţă deosebită în gîndirea, comunicarea și raţionamentele curente ale omului. În ergonomia intelectuală au deci o importanţă deosebită, căci *pun omul în poziţia cea mai ușoară și simplă*, mai ales acolo unde informarea necesară pentru cunoaștere nu are nevoie de alte noţiuni. Teoria matematică „fuzzy'' trebuie deci considerată mai repede ca o încoro-

*) Acest tip de analiză a căpătat numele în literatura franceză de Analiza Nodală Dimo, după publicarea volumului [15—2] în anul 1971. O vom nota cu sigla AND. *Analiza nodală* era deja ca numire cunoscută în *analiza nodurilor grafurilor de fluenţă* [35], reprezentînd însă altă noţiune.

Scanned with OKEN Scanner

nare a evoluției matematicii moderne bazate pe procese aleatorii (probabilități) din punct de vedere ergonomic, permițînd omului să se exprime cu vechile lui caracterizări (mare, mic, înalt, gras, slab etc.) și reușind, cum a reușit și în trecut, să facă raționamente dînd un răspuns satisfăcător.

★

Acest eseu are drept scop :

1) O actualizare a „imaginilor nodale", ce rîndul acesta asociate ecranului calculatoarelor, în problemele de rețele (vezi partea întîi și a cincea).

2) O încercare de a pune în evidență trăsăturile esențiale ale metodei analizei nodale, pentru abordări simple în alte domenii (vezi partea a doua), precum și a altor tipuri de schematizări geometrice de natura rețelelor (vezi grafurile) care sînt deja larg utilizate. În special grafurile de fluență socotim că ar putea încă aduce noi contribuții în *ergonomia intelectuală*, în sisteme pentru care convin reprezentări geometrice de tip rețea.

★

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA ÎNTÎI

Ergonomia intelectuală: o necesitate în revoluția tehnico-științifică a secolului 20

Gîndirea noastră capătă noi imperative în evoluția prin care trecem, din care citățm următoarele aspecte: înlăturarea conflictului dintre înțelegerea intuitivă și formalismul matematic; consecințele asupra confortului intelectual al omului în noua poziție în care este pus; selecționarea noilor modele necesare gîndirii pentru satisfacerea condițiilor ergonomice; teoria sistemelor cu toate extinderile posibile în urma introducerii inteligenței artificiale.

Scanned with OKEN Scanner

1. Imperative noi în anii revoluției tehnico-științifice

Dacă printr-un consens general, oamenii de știință, indiferent de disciplina căreia îi aparțin, convin că o componentă esențială și generală a revoluției tehnico-științifice este *calculatorul electronic*, nu toți și-au pus problema consecințelor acestei participări a unui aparat aparent neanimat la toate procesele intelectuale ale omului.

1.1. Este în fond o relație „om-mașină" caracteristică ergonomiei, dar de un tip nou. De rîndul acesta sînt înlocuite de „mașină" activități intelectuale, și nu activități ce înlocuiau munca fizică a omului. Există și în această nouă relație „om-mașină" condiții de optimizare, care bineînțeles ușurează și fac mai eficientă activitatea muncii intelectuale a omului? Iată întrebarea: și dacă există asemenea condiții de optimizare, pot fi ele definite cu claritate și încadrate în reguli mai mult sau mai puțin generale, așa cum se face atunci cînd omul este pus în fața unui aparat mecanic (strung, raboteză sau altă sculă mecanică)?

1.2. Importanța lămuririi poziției omului în această nouă situație este de un interes deosebit în viitorul apropiat. Numai așa se vor putea elimina unele efecte direct dunătoare intelectualului modern, integrat în procese în care înțelegerea și decizia aparține în activitatea curentă calculatoarelor, instrumente esențiale ce condiționează dezvoltarea în cadrul revoluției tehnico-științifice.

2. Conținutul ergonomiei?

Cu toate că noțiunea „ergonomie" are la ora actuală un oarecare parcurs, se poate spune totuși că nu există încă o definiție generală cu o formulare simplă a acestei noi activități. Se poate afirma că relațiile „om-mașină" sînt în primul rînd conținute în această recentă preocupare.

În diverse sisteme „om-mașină" s-au efectuat lămuriri importante, consecințe a revoluției tehnico-științifice a zilelor noastre. *Optimizarea condițiilor omului în fața sculei sale de lucru*, aceasta din urmă efectuînd travaliuri mecanice sau înlocuind operații manuale au fost bogat analizate [1, 2, 3, 4]. Utilitatea acestor cercetări, de un tip nou, specific noilor condiții în care omul este confruntat în procesele moderne industriale este evidentă. Ergonomia pune în slujba acestor cercetări un ansamblu de tehnici și științe ca: psihologia, fiziologia, matematica, tehnici mecanice și electronice

Scanned with OKEN Scanner

etc. Prin acest conținut, ergonomia are un caracter interdisciplinar. Să citățm și definiția formulată de Institutul de lingvistică din București, după o definiție de origine franceză, în care „ergonomia" e considerată o nouă „disciplină" :

„*Ergonomia* : disciplină care se ocupă cu studiul condițiilor și al metodelor de muncă în vederea normării raționale a acestora" (din franceză : Ergonomie — vezi Dicționarul explicativ al limbii române, Edit. Acad., 1975).

3. După înlocuirea muncii fizice prin mașină, o înlocuim și pe cea intelectuală?

Odată definită noua preocupare „ergonomică" din evoluția parcursă în trecut, înainte de epoca modernă caracterizată prin introducerea creierului electronic, munca intelectuală a omului a căpătat o nouă componentă. În fond, relația nouă constă în faptul că de rîndul acesta e vorba de o mașină ce reușește să înlocuiască activități intelectuale. Să examinăm mai îndeaproape poziția în care noua mașină plasează omul.

3.1. Universalitatea posibilităților de utilizare a noului instrument (calculatorul) în procese intelectuale este una din caracteristicile noii mașini. Prof. H.G. Schiener (Berlin) spunea de curînd [4] : „Trebuie să ne obișnuim pentru viitorul foarte apropiat să trăim cu calculatorul electronic așa cum trăim cu creionul".

Pe de altă parte, forța noii scule și limitele utilizării sale în procesele intelectuale sînt greu de prevăzut în viitorul mai îndepărtat. Astfel, este interesantă observația apărută în monografia editată de Hudson-Institute (S.U.A.) [5] care conține prevederi pentru perspectivele anului 2000, unde H. Kahn și A. J. Wiener remarcă : „Dacă se constată într-o zi că ele (calculatoarele) nu pot reproduce sau depăși anumite facultăți caracteristice omului, *aceasta va fi una din descoperirile cele mai importante ale secolului XX*.

3.2. Atît problema universalității calculatorului electronic în ocupațiile omului, cît și limitele lui subliniate în [5], dar evaluate de pe acum ca foarte largi în procesele de înlocuire a creierului uman, sînt două din aspectele importante în noile relații om-mașină, mașina fiind de rîndul acesta calculatorul.

Prin poziția centrală pe care o cîștigă progresiv creierul electronic în munca noastră, *e cazul să ne întrebăm dacă „ergonomia"*

Scanned with OKEN Scanner

nu își găsește acum un nou conținut esențial în sistemul „om-mașină”, mașina fiind reprezentată de rîndul acesta numai de creierul artificial. Pentru a contura noul conținut, este necesar să examinăm îndeaproape poziția omului în fața noii mașini, influențele și modificările pe care le aduce muncii sale intelectuale, restricțiile pe care i le impune și obiceiurile intelectuale pe care i le contrazice sau jenează, influențînd astfel direct sau indirect starea sa psihică și fiziologică. Astfel, ergonomia pare în primul rînd necesară pentru a lămuri condițiile de igienă intelectuală și confort moral cu consecințele lor, condiții în care trebuie să plasăm activitatea noastră pentru a optimiza relația om-mașină (de calcul) în explozia tehnico-științifică pe care o parcurgem.

*

3.3. Va trebui să reexaminăm cu atenție modul în care s-au desfășurat procesele intelectuale fără acest nou instrument ajutător și formațiile intelectuale ce trebuie respectate. Rolul intuiției, a obiceiurilor cîștigate în imaginația constructivă care a fost elementul principal al dezvoltării prodigioase științifice [6] și necesitățile de păstrare a unor obiceiuri intelectuale vor trebui examinate cu toată atenția. La fel trebuie considerată menținerea unor calități și activități rezultante dobîndite, chiar dacă este mai simplu să fie înlocuite de calculator, precum și orice altă condiție nouă introdusă de calculator. În special sînt interesante condițiile noi care, ușurînd evident munca noastră, au totuși repercusiuni defavorabile prin noile stări pe care ni le impune. Astfel „ergonomia” își găsește un domeniu nou, complex, subtil și de o *importanță deosebită*, fiind vorba de procesele superioare intelectuale care trebuie menținute și dezvoltate mai departe în condiții optimale pentru om.

4. Conflictul dintre înțelegerea intuitivă și formalismul inevitabil în cercetarea cu calculatoarele electronice

4.1. Chiar de la începutul dezvoltării calculatoarelor electronice s-a remarcat conflictul acut introdus de calculator între obiceiurile ancestrale ale oamenilor de a utiliza în primul rînd intuiția, de a-i atribui roluri euristice și de a forma raționamente simple și directe în problemele pe care le întîlnește, și noua poziție introdusă de calculatoare prin formalismul pe care inevitabil trebuie să-l introducă în găsirea soluțiilor (vezi introducerea lui Venicov din [15—3]).

Scanned with OKEN Scanner

Conflictul numit este pe cale de catastrofală accentuare prin evoluţiile organizării moderne. Programe puse la dispoziţia omului dau răspunsuri în probleme din ce în ce mai complexe şi laborioase, elaborate de armate de cercetători şi operatori sînt în general cunoscute numai în ceea ce priveşte datele de intrare pe care le necesită şi citirea rezultatelor. Numărul celor ce gîndesc şi stabilesc formalismul în diverse probleme complexe alcătuind algoritme şi organizînd răspunsurile maşinei este din ce în ce mai redus, fiind în creştere numărul celor ce aplică reguli de rutină. Numărul în continuă creştere a beneficiarilor raţionamentelor gata făcute de calculator, raţionamente pe care nu le cunosc, şi nici nu au, în general, capacitatea să le înţeleagă, pune de asemenea probleme noi ce trebuie examinate cu atenţie.

Pentru uşurarea activităţii cercetătorilor şi operatorilor, diverse dispozitive periferice ale calculatoarelor cu ecrane de vizualizare indică rezultatele sub forme alfa-numerice, sau chiar sub formă de desene şi diagrame, operaţiile intelectuale necesare pentru obţinerea rezultatelor fiind ignorate de operatori.

4.2. Minoritatea cu totul redusă a cercetătorilor ce au alcătuit algoritmele şi programele nu pare a pune probleme deosebite deocamdată. Totuşi, s-ar putea discuta reproducerea şi întreţinerea calitativă a acestei minorităţi într-o perspectivă mai îndepărtată, dacă cantităţile şi variaţiile de programe odată puse la dispoziţie, şi suficiente în bogatele probleme curente, vor fi o frînă pentru formarea şi dezvoltarea intelectualilor analişti specializaţi în formarea algoritmelor şi organizarea creierelor electronice.

*

4.3. Problema gravă pare să apară însă la utilizatori, fie ei cercetători, operatori din diverse domenii sau beneficiari ai rezultatelor calculatorului într-un fel sau altul. Aceştia devin victima unui nou confort, care îi dispensează de a mai gîndi pe parcursul muncii lor, de a intui soluţia şi a utiliza astfel o facultate principală care a condus omenirea în trecut la dezvoltarea caracteristică a timpurilor noastre.

Sînt oare posibile fenomene de atrofiere şi degenerare a facultăţilor ce ies din uzul curent? Dar aceasta nu e tot! Sînt inconveniente evidente, în afară de pericolele de atrofiere în felul cum se dezvoltă în perspectivă, în general, relaţia om-maşină în cazul calculatorului. Ele provin din aceeaşi cauză : trecerea proceselor intelectuale creierilor electronici. Să încercăm lămurirea cîtorva aspecte.

Scanned with OKEN Scanner

5. Pledoarie pentru preocupări „ergonomice" în munca intelectuală. Drama ecranelor lui M. Maliţa

5.1. Un prim aspect deosebit de important al aspectelor caracteristice intelectuale ale omului integrat în revoluţia tehnico-ştiinţifică, în care am intrat, vor fi evidenţiate prin citate din eseul [7] lui M. Maliţa, pesimist însă, după părerea noastră.

Reproducem următoarea primă prevedere:

„Pornind de la cîteva observaţii elementare, un raţionament simplu ne conduce la trăsăturile mintale de bază ale omului de mîine. Constatăm de pe acum că are loc o îndepărtare treptată a omului de *produsul* activităţii sale. Cine n-a contemplat pasiunea cu care un creator de obiect artizanal mîngîie rezultatul muncii sale? Omul din marea industrie nu mai are această satisfacţie. *El se distanţează de produs*; produsul nu mai este tangibil".

Şi apoi, din aceeaşi lucrare, mai departe:

„Care este deci trăsătura dominantă a omului viitor, care este efortul lui primordial ca să înţeleagă totuşi ceea ce produce? O miopie de massă ar avea drept urmare o fractură de mentalitate şi o primejdioasă alienare; drama neînţelegerii obiectului la care lucrezi, necuprinderea întregului în care acesta se articulează, interzicerea accesului la el este de cea mai mare gravitate. Care este soluţia? Soluţia este ca omul să domine, să posede, *să asimileze aceste ecrane*".

5.2. Prin ecrane, M. Maliţa consideră anumite categorii generale ca tehnica şi organizarea economică în primul rînd, manifeste evident sub formele evolutive în perspectivă. Tot ecran, în cazul cel mai general, numeşte civilizaţia viitoare („ecranul gros al civilizaţiei") care separă omul şi îl „distanţează de natură". Unii prevăd (conferinţe U.N.E.S.C.O.) înclinarea sporită a omului către activităţi artizanale ca reacţiune directă în epoca industrială avansată, pentru compensare a îndeletnicirilor sale vechi şi tradiţionale. Aceste activităţi par a alcătui o componentă naturală a formaţiei noastre care va continua să fie conţinută în structura noastră intimă, chiar dacă „necesitatea" producerii bunurilor respective nu mai apare.

Autorul eseului mai remarcă nevoia de revenire la „concret". Astfel se afirmă:

„În viitor, nevoia de viteză a omenirii va fi aşa de mare, încît toţi vorbitorii vor fi rugaţi să vorbească mai abstract, tocmai pentru

Scanned with OKEN Scanner

a prinde trăsăturile esențiale ce nu se pot degaja din expuneri laborioase și cu elemente multiple care corespund proceselor și sistemelor viitorului".

★

5.3. „Există o activitate compensatoare pentru această trăsătură specială a omului care e distanțarea de natură?" se întreabă mai departe autorul eseului.

„Da. Fraternizarea cu natura se va face prin sport și prin turism". Sînt dezvoltate apoi interesante observații în legătură cu probleme de ecologie în perspectivă, „impersonalitatea" relațiilor umane în civilizația industrială, rolul în creștere al planificării și „avansul pe care îl luăm asupra timpului" etc. Astfel, se poate considera un nou „ecran" alcătuit din „prospecțiune" care se pune între om și clipa „imediată", care are același efect de depărtare a omului de vechile lui obiceiuri și preocupări care se plasau în „imediat" și alcătuiau ades bucuriile sale. În bogatele și interesantele considerații, foarte succint expuse din [7], se consideră poziția de viitor în care între om și realitate: „mereu intervine ceva". „Între el și produsul muncii lui se interpun ecrane de organizare și tehnică. Între el și concret vor fi modelele mintale".

5.4. În concluzie se afirmă: „Despărțit *de concret prin modele de natură prin civilizație*, de asemenea prin un limbaj din ce în ce mai riguros și în sfîrșit, de imediat prin prospecțiune, el va simți nevoia să-și compenseze pierderile..."

Astfel, autorul ajunge la concluzia că acea compensare se va realiza prin sport și turism, care va menține nervii și mușchii. Pe de altă parte, arta, amiciția și iubirea vor fi „compensatoarele evoluției limbajului arid și administrativ".

★

După punerea generală a problemei cu considerații corelate, autorul adaugă:

„Existența umană se complică în mod inevitabil prin însuși gradul de complexitate crescîndă a obiectelor pe care le producem. Ecranul care intervine între noi și ele, fie model, fie civilizație, fie limbaj, este un produs secundar, un produs specific uman, un produs mintal. Omul se intelectualizează, devine mai cerebral și trebuie să-și cultive, alături de realitatea nemijlocită la care are din ce în ce mai puțin acces, această realitate mintală, care îi este apropiată..."

5.5. Recomandăm mai departe lectura interesantului eseu de care ne-am ocupat aci, în care se mai găsesc și considerații cu inter-

Scanned with OKEN Scanner

pretări utile în analiza problemelor noi și perspectivelor în ceea ce privește *Extensiunea limbajului matematic*, *Metode și programe* etc.; care au toate o înrudire apropiată cu considerațiile ce vom dezvolta în acest volum. Sper că vor folosi în mod deosebit celor ce doresc să mediteze asupra „remediilor" ce pot fi considerate pentru menținerea omului în natura care l-a format din vechime, sau cel puțin menținerea unor anumite caractere ce constituiesc elementele ce i-au fost întotdeauna dragi, și au alcătuit stimulente principale a căror dispariție ar putea avea consecințe imprevizibile.

Dacă sportul, turismul, arta și poezia, așa cum arăta M. Maliță, sînt evident soluții de practicare a unor vechi obiceiuri sub forme posibile în lumea supra-industrială de mîine, aceasta însă nu pare să fie tot. Omul și-a găsit, pînă azi, stimulentul în creștere, găsind ades mulțumirea în procese aparent simple în care intuiția, reușita în final a unei operații hotărîtă și condusă de el, beneficiul obținut în construirea unui obiect la care a participat, pe parcurs, cu interes și înțelegere etc., i-au umplut viața și i-au asigurat echilibrul interior.

Sportul, turismul, arta etc., au apărut de multe ori ca *anexă logică a procesului central* alcătuit din muncă și acțiuni, îmbogățind posibilitățile activității principale. E greu de susținut că această familie de activități ar putea trece pe planul principal numai din necesitatea de a menține stării ale mușchilor sau echilibrul nervos.

5.6. De multe ori omul a practicat sportul tocmai pentru întreținerea stării create de activitatea sa principală. Sportul, apărut în vremurile noastre ca o meserie pentru cei aleși, oameni ai performanței, chiar dacă asigură condiții excepționale materiale, introduce puternice restricții în activitatea de toate zilele și în desfășurarea vieții „profesioniștilor".

Noi credem, păstrînd concluziile principale ale eseului citat [7], că una din preocupările noastre actuale trebuie să fie *extinderea conținutului „Ergonomiei" pînă la limitele extreme, limitele ce integrează „desprinderea" omului* de care vorbește M. Maliță, în procesele active de muncă și „depărtarea" sa de produsul muncii sale ca o primă consecință gravă.

5.7. Pe de o parte deci, par interesante acțiuni de soluționare a poziției umane în procesele industriale ale viitorului prin activități, azi încă anexe, ca sportul, arta, turismul etc., iar pe de altă parte prin găsirea unor soluții noi, de natură *ergonomică* ca conținut, care să repună omul în poziții apropiate de natura sa, facilitîndu-i participarea permanentă cu ajutorul caracteristicilor sale principale euristice ce trebuie menținute: intuiție și raționamente simple, directe, bazate pe procese informaționale ce au fixat datele de plecare (pune-

Scanned with OKEN Scanner

rea problemelor). Este oare posibil? La fel ca în cazul primei categorii (sportul, arta, turismul) răspunsul nu e ușor de dat.

Ceea ce însă apare evident în perspectiva dezvoltării societății industriale de mîine, *este intermedierea mașinii electronice de calcul în procesele de muncă ale omului și universalitatea introducerii ei.* Iată pentru ce credem că atenția noastră trebuie concentrată, în primul rînd, asupra relațiilor de diverse categorii și în diverse sisteme, ce apar între om și mașina de calcul, căutînd să selecționăm elementele generale ce ar favoriza împiedicarea separării omului de natura produsului, utilizînd tocmai relațiile ce se stabilesc între om și noua mașină.

6. Ecranul de vizualizare, dispozitiv periferic al calculatorului, element esențial al „ergonomiei intelectuale"

De rîndul acesta ne limităm la un înțeles concret și direct al „ecranului", considerînd cuvîntul reprezentativ al dispozitivelor periferice de „vizualizare" ale calculatoarelor electronice. Ele alcătuiesc fața de separație între mașină și om, prin care creierul artificial arată rezultatele și poate primi chiar dispoziții de la om prin utilizarea creioanelor luminoase (light pen).

Rezultatele obținute în problemele complicate ale sistemelor cercetate de calculator sînt comunicate operatorului pe asemenea ecrane, operatorul introducînd datele necesare, sau utilizînd un program de dialog cu o serie de operații înlănțuite.

★

6.1. Pentru operatorul ce stă în fața ecranului, creierul electronic poate fi considerat o „cutie neagră". Concepția „cutiei negre", pe cît de productivă cîteodată în organizarea calculului în unele sisteme complicate, poate constitui în sine un element activ principal pentru izolarea omului de munca intelectuală necesară înțelegerii evoluției sistemului supravegheat sau condus.

Dacă în cercetarea unui sistem cu ajutorul unor programe sînt prezente numai mărimi de *intrare* și de *ieșire*, putem să denumim procedeele astfel constituite ca metode exterioare sistemului studiat! Ele opresc pătrunderea și adîncirea operatorului în interiorul „cutiei negre" și prin aceasta îngreuiază înțelegerea calitativă a dependențelor dintre mărimi, ignorînd cîteodată în același timp mărimi fundamentale în procesul cercetat care evoluează numai în interiorul

Scanned with OKEN Scanner

„cutiei negre". Se poate astfel afirma că într-un fel examinarea cu ajutorul „cutiei negre" este „*neergonomică*" în general, îngreunînd participarea operatorului și interesul lui la desfășurarea proceselor cercetate.

6.2. Insistăm asupra acestui aspect deoarece o îmbunătățire esențială în dialogul om-mașină în cazul calculatorului din punct de vedere „ergonomic" ar putea-o aduce tocmai ecranele de vizualizare a rezultatelor și a stărilor sistemului studiat în final și în anumite etape de evoluție și calcul.

Rezumarea la reprezentări alfa-numerice este în general insuficientă. Azi pot fi reprezentate pe ecrane figuri geometrice staționare sau dinamice corespunzătoare sugestiv transformărilor stării sistemului studiat.

Este bineînțeles că o primă serie de rezultate cantitative vor putea fi reprezentate așa cum se obișnuia deja și înainte de apariția calculatorului. Diverse tipuri de diagrame și grafice plane pot fi ușor reproduse.

6.3. Aceste reprezentări sînt un bun început de optimizare ergonomică. În ceea ce privește relația „om-mașină" în cazul calculatorului electronic, cu ecranele sale, *Ergonomia* ar avea scopul de a stabili modalități noi pentru ca ecranul să comunice omului, sub forma cea mai asimilabilă și intuitivă, aspectele și evoluțiile obiectului cercetat. *Preocuparea în acest domeniu, sub această formă, nu a fost manifestă la cunoștința noastră în general,* decît în unele cazuri simple. Rezultatele cercetării sau a calculului sînt prezentate în primul rînd alfa-numeric, sub forma sub care și le-a însușit omul din experiența trecută, fără *calculator*, și în al doilea rînd, geometric prin curbe comparative sau de evoluție sub anumite aspecte simple, cunoscute tot din drumul parcurs anterior. Astfel, o încercare serioasă de reintroducere a unor noi soluții de prezentare care să activeze participarea operatorului, prin o intuire și înțelegere a obiectelor complexe și dezvoltate moderne nu a fost manifestă activ în diversele domenii în care a pătruns calculatorul. Dacă o nouă formație tehnică și științifică și un nou spirit de organizare științifică par indispensabile pentru omul de mîine, cred că în același timp un mod „ergonomic" de comunicare a mașinii cu omul este și el indispensabil. Vechile obiceiuri ale omului de a intui permanent anumite concluzii și procese și de a-și găsi confortul în înțelegerea și urmărirea obiectelor muncii sale, căutînd succesul, sînt elementele componente principale care ar putea continua să lege omul de produsul muncii sale, și împiedica astfel dramatica desprindere și izolare a lui de produs.

Scanned with OKEN Scanner

6.4. Aceste elemente trebuie căutate pentru a fi păstrate în noile relaţii „om-maşină", completînd soluţiile cu reprezentări atent lămurite pentru un sistem sau altul. *Este o preocupare nouă căreia i s-a dat o atenţie insuficientă.* Punerea problemei sub această formă este în primul rînd o *problemă de „model"*. Conceput, evident, de mintea omului, modelul necesar într-o problemă oarecare trebuie să permită accesul facil al înţelegerii intelectuale şi chiar, dacă este posibil, asocierii intuitive cu elemente componente ce se găsesc în structura lui. Să ne ocupăm deci în primul rînd de modelele utilizate în cercetare.

7. Modelele şi ierarhizarea lor „ergonomică"

7.1. O primă formulare asupra modelului pe care omul şi-l creează ca să priceapă un obiect o găsim în faimoasa carte a lui A. Einstein şi L. Infeld [8], din care extragem:

„În străduinţa noastră de a pricepe realitatea sîntem oarecum asemenea unui om care încearcă să priceapă mecanismul unui ceas închis. El vede cadranul şi limbile care se mişcă, aude chiar tic-tac-ul dar nu are nici un mijloc să deschidă cutia. Dacă este ingenios, poate să-şi reprezinte o anumită imagine a mecanismului care să-i reproducă toate lucrurile pe care le-a observat".

Această imagine este, de fapt, un „model" rezultat dintr-o operaţie de sinteză *a cărui valoare se poate măsura prin informaţiile în plus ce pot fi obţinute din „model"*, putînd permite evaluarea comportărilor mecanismului cercetat. Sinteza se găseşte evident, simplificată la stabilirea modelului, dacă este făcută în scopuri precise şi limitate, pentru a răspunde la anumite probleme. Un asemenea model poate fi un desen, un aparat sau o expresie formală etc. Modelele pot fi, pentru început, grupate în 3 mari categorii (vezi [9]): *Imitative*, *Analogice* şi *Simbolice* (pot fi numite şi matematice).

7.2. Să ne ocupăm pe rînd de aceste 3 categorii de modele:

a) *Modelele imitative* sînt acelea care păstrează proprietăţile caracteristice ale obiectului reprezentat, transformate la o dimensiune convenabilă. Un model imitativ este o fotografie, o hartă, un desen, o reproducere la altă scară a ansamblului de elemente ce alcătuiesc obiectul. Schema reprezentînd sistemul nostru solar cu ajutorul unui desen geometric care imită caracteristicile şi formele reale este un model imitativ, la scara redusă necesară pentru studiu. Reprezentarea unui atom printr-un desen este, de asemenea, un model

Scanned with OKEN Scanner

imitativ la scara mărită, necesar înțelegerii prin vizualizare. Dacă aceste modele „imitative" reprezintă, prin asemănarea cu obiectul, un optimum pentru înțelegere directă în cazul unor anumite obiecte fizice, ele nu sînt interesante decît pentru anumite sisteme în care „imitația" prin figuri și desene este sugestivă. Se poate însă afirma că aceste modele sînt cele ce trebuie cultivate, în primul rînd, atunci cînd încercăm să introducem raționamente directe, simple, asupra obiectului sau să intuim rezultate prin simplă examinare a modelului.

Aceste modele sînt evident specifice obiectului cercetat, nu pot fi prinse direct în unele formulări generale și sînt mai greu de manipulat ca modelele analogice sau simbolice.

Totuși, în aspectele de care ne ocupăm aici, ele sînt primele de considerat, căutînd soluțiile ce pot fi obținute cu ajutorul dispozitivelor periferice ale calculatoarelor și care ar putea sugera direct aspectul obiectului, ale transformării lui sau comportării, corespunzător procesului soluționat de calculator. În familia acestor modele „imitative" trebuie considerate și modelele simplificate ce se depărtează esențial de fotografie sau desen prin faptul că reținn „imitativ" numai anumite elemente esențiale ce intră în cercetarea respectivă, neglijînd părți sau componente fără importanță, și alcătuind astfel un model redus la esențial, dar păstrînd o natură identică cu obiectul cercetat.

b) *Modelele analogice* sînt acelea care se folosesc de analogii pentru a exprima variabilele sistemului cercetat și relațiile dintre ele. Avantajul acestor modele este faptul că un același model poate fi folosit într-un număr oarecare de sisteme diferite. Astfel, se cunosc analogiile existente între sistemele electrice și cele hidraulice, ambele putînd fi reprezentate printr-un același model geometric, utilizînd poziții în plan, distanțe, drepte și curbe etc. Aceste modele trebuie considerate ierarhic, din punct de vedere „ergonomic", imediat după modelele imitative. Geometria lor va trebui însă aleasă cu grijă pentru a sugera transformările obiectului real și comportările lui prin unele caractere comune transformării elementului geometric și transformării obiectului. (De exemplu: rotirea unui obiect va putea fi sugerată de rotirea unei drepte în jurul unui punct; deplasarea lui va putea fi sugerată de o traiectorie dinamizată, limitele unei deplasări vor putea fi sugerate cu ajutorul unor zone hașurate în cuprinsul geometriei adoptate etc.).

c) *Modelele simbolice* sînt folosite uzual în cercetare, fiind cele mai comode și cu un grad mare de generalitate. Ele sînt alcătuite printr-o formalizare folosind litere, cifre și alte simboluri de diverse naturi (egal, minus, plus, mai mare etc.). Ele sînt abstracte, dar sînt

Scanned with OKEN Scanner

cu mult cele mai comode pentru utilizare, fiind de fapt relații matematice de dependență între mărimile ce intervin în sistemul respectiv. Creierul electronic le va utiliza întotdeauna.

★

Cu toată convenienţa deosebită a metodelor simbolice ce sînt întotdeauna utilizate în cercetările operaționale asociate mașinilor electronice, cercetări a căror dezvoltare este în plină ascensiune, efortul principal ce trebuie făcut este de a stabili în paralel cu formalismul necesar calculatorului și anumite modele, să le spunem „ergonomice". Aceste modele, chiar dacă nu ar avea nici un rol efectiv în soluționarea problemei, ar trebui să permită o participare intelectuală simplă, cu un minimum de oboseală, a operatorilor care nu au avut nici o contingență cu algoritmele corespunzătoare și întocmirea programelor. Aceste modele ar trebui să poată integra omul în altă stare în dialogul lui cu calculatorul, căci de această nouă mașină e vorba în noua relație „om-mașină".

Ecranul sau „interfața" mașinilor de calcul, înțeles în alt mod decît în concepția generală din [7] și anume ca element de frontieră între „sub-sistemul mașină" și „sub-sistemul om" considerate împreună ca un sistem (om-mașină), trebuie să asigure această funcție principală.

8. Ierarhizarea modelelor din punct de vedere ergonomic

8.1. Dacă încercăm o optimizare a poziției omului în fața ecranului calculatorului electronic, trebuie să căutăm să utilizăm toate posibilitățile actuale ale acestor ecrane, și chiar să privim în perspectivă la evoluții probabile. Dacă astăzi sînt obișnuite și curente ecranele plane, mîine sînt probabile utilizări de dispozitive cu reprezentări pe 3 dimensiuni, modelînd astfel complet obiectele așa cum le percepem cu simțurile noastre. O reprezentare va fi cu atît mai simplă de perceput cu cît este mai apropiată de formația noastră naturală, în contactul cu mediul înconjurător. Dacă din punct de vedere al cercetării, modelele pot fi ierarhizate pentru creierul electronic în ordinea : (1) simbolic (matematic), (2) analogic, (3) imitativ. Lucrurile nu sînt la fel pentru om. Creierul electronic va utiliza, bineînțeles, întotdeauna modelul matematic. Chiar dacă în operațiile de algoritmizare au fost utilizate de analiști și celelalte două categorii de modele, ele nu mai sînt necesare odată programul făcut.

Scanned with OKEN Scanner

Dar creierul electronic poate întotdeauna urmări și prezenta pe ecranele sale evoluțiile modelului analogic și imitativ cînd e cazul, corespunzător etapelor cercetării și rezultatelor obținute.

8.2. Formația naturală a omului va ierarhiza diferit modelele față de ordinea enumerată mai sus (simbolic, analogic, imitativ). Omul va prefera ordinea inversă, adică: (1) imitativ, (2) analogic, (3) simbolic.

Dacă obiectul cercetat este un obiect fizic ușor observabil, omul va prefera o imagine identică cu obiectul, care să evolueze dinamic corespunzător stărilor cercetate, sau să evidențieze pe imagine anumite caracteristici importante, deduse prin calcul. Dacă obiectul este bogat în elemente și extins, atunci omul va prefera un model imitativ redus la esențial, din care să lipsească sau să figureze simplificat o parte din elemente, ca de exemplu harta unui oraș redusă într-un anumit scop la cîteva elemente esențiale (bulevarde, monumente etc.).

Astfel, *modelele imitative* par a fi primele de considerat atunci cînd pot fi constituite într-o cercetare și reproduse de calculator pe ecrane de vizualizare.

Modelele „imitative" sînt, bineînțeles, aplicabile limitat la obiecte fizice în general. Cele analogice au o posibilitate de aplicație mult mai extinsă și le urmează celor imitative, ca valoare ergonomică (vezi și paragraful 7.1).

Constituirea acestor modele necesită neapărat o bună cunoaștere a disciplinei domeniului căruia îi aparține problema cercetată. Geometria utilizată în aceste modele va fi, bineînțeles, cea reprezentativă și familiară formației intelectuale respective pentru a fi ușor asimilabilă. În constituirea unor astfel de modele, *tehnicianul*, *psihologul* și *electronistul*, în colaborare cu *matematicianul* vor alcătui cu succes o formație interdisciplinară utilă pentru găsirea unor „modele ergonomice". *Nu trebuie uitat că se pot utiliza ecrane colorate, reprezentări spațiale, declanșa chiar mirosuri și zgomote, toate în slujba percepției ușoare a operatorului sau cercetătorului* și pentru interesarea lui în evoluțiile obiectelor cercetate. De aceea, dacă modelele imitative par a se plasa pe primul loc din punct de vedere ergonomic, limitarea lor exclusivă numai la anumite domenii impune considerarea cu cea mai mare atenție a *modelelor analogice*, a căror constituire necesită evident cercetări specializate în diversele domenii în care pătrunde creierul electronic. Pornim în general de la un model matematic odată formalizat, va trebui să găsim *starea de referință cea mai familiară cunoscătorilor domeniului respectiv pentru a satisface necesitățile ergonomice.* Geometria aleasă a reprezentării analogice

Scanned with OKEN Scanner

a acestei stări inițiale, va trebui să permită reproducerea evoluțiilor ce apar în cercetarea respectivă.

9. Geometria în construirea modelelor ergonomice

Astăzi, „ecranele de vizualizare" ale calculatoarelor electronice sînt în general utilizate și introduse ca element periferic al instalației. Preocuparea „ergonomică" în prezentarea pe aceste ecrane a fost, bineînțeles, introdusă în general prin elemente geometrice, dar nu se poate spune că o preocupare specială a considerat acest aspect, analizînd „optimizarea ergonomică" specifică unui anumit domeniu. Să ne oprim puțin asupra *geometriei* și desenului, care sînt cu siguranță elemente esențiale în încercarea de a mobiliza interesul operatorului.

9.1. Grecia antică a dat omenirii în trecut una din cele mai strălucite reușite ale creației spiritului omenesc: Geometria. Timp de secole, geometria și-a păstrat poziția principală în care a fost plasată de la început, alcătuind un instrument fundamental în procesele înțelegerii, deducerii și chiar a reprezentărilor intuitive.

Pînă în secolul al XVII-lea s-a menținut o separație între geometrie și algebră. Prima se ocupa de figuri în spațiu iar a doua de numere. Nimeni nu-și imaginase încă că cele două domenii se puteau corela, mărindu-și substanțial forța de pătrundere. Se poate afirma că de-abia în prima jumătate a secolului al XVII-lea s-a văzut că teoremele geometrice pot primi interpretări algebrice, și teoremele algebrei — interpretări geometrice. Geometria zisă „cartesiană" după Descartes [10], publicată în 1637 într-o lucrare celebră, studiază prin metode algebrice probleme de geometrie. Astfel s-a născut ideea „coordonatelor" prin care reprezentările geometrice capătă, asociate algebrei, un nou și puternic mijloc. Astfel se obține o extindere esențială a domeniului reprezentărilor prin desene ce pot fi asociate sugestiei.

★

9.2. Trebuie să remarcăm că prin manifestarea simțurilor noastre asimilăm în mod natural concepția spațiului reprezentat prin trei dimensiuni ce pot alcătui algebric trei coordonate. La fel se petrec lucrurile cu reprezentările într-un plan în care utilizăm două coordonate pentru identificarea unui punct. Copilul asimilează în primii ani ai formării înțelegerii sale pentru necesitățile lui de orientare cele trei dimensiuni reprezentative ale spațiului, asociind intui-

Scanned with OKEN Scanner

ţiei sale asemenea reprezentări. Dacă considerăm intuiţia ca o înţelegere, care se prezintă spontan spiritului nostru, fără concursul unui raţionament sau unei reflexiuni, cum o considerau clasicii [11], *atunci utilizarea geometriei, cu reprezentări în plan (sau chiar spaţiale), este cu siguranţă primul instrument ce trebuie considerat în lumea de mîine*, în care „ecranul" se va asocia în mod permanent creierului electronic. Astfel, contactul omului cu produsul informatic este uşurat într-o măsură substanţială. Spiritul cercetătorului sau al operatorului utilizează în procesul înţelegerii în mod direct calităţile cîştigate pe cale naturală din contactul cu mediul său exterior.

9.3. Dacă generalităţile enumerate mai sus alcătuiesc o primă categorie ce trebuie considerată cu atenţie, ele nu sînt însă suficient de cuprinzătoare. Diferenţierile ce se produc în formarea spiritului omenesc pe parcursul formării şi maturizării sale sînt specifice disciplinei intelectuale şi ocupaţiei specializate a omului. Un arhitect vede şi simte lucrurile într-un fel diferit de cel al inginerului, matematicianul utilizează alte căi de înţelegere decît artistul, muzicianul are o altă formaţie intelectuală decît pictorul etc. Diferenţierile adînci ce se manifestă în cultura modernă, chiar în interiorul unei aceeaşi categorii, sînt, de asemenea, de cel mai mare interes, atunci cînd examinăm problemele înţelegerii uşoare şi a metodelor ce ne stau la dispoziţie pentru aceasta. Astfel, inginerii electricieni sînt astăzi, la rîndul lor, împărţiţi într-o serie de specialităţi (reţele, comunicaţii electrice, automatizări, electronică etc.), fiecare din ele avînd deja un lung drum parcurs, în care anumite procedee sînt utilizate în procesul înţelegerii, a determinării stărilor şi a soluţionării problemelor specifice domeniului, cu reprezentări asociate în scopul facilităţii înţelegerii. Astfel, diversele domenii au deja *modelele lor*, matematice şi geometrice, care au contribuit la formarea specialistului respectiv. Dacă omul viitorului, asociat calculatorului electronic în încercarea de a asimila prezentările ecranelor, va încerca să-şi dobîndească formaţia corespunzătoare ştiinţifică, el va trebui în acelaşi timp să găsească reprezentările sugestive cele mai simple pentru mobilizarea intuiţiei sale şi a obiceiurilor intelectuale cîştigate. O asemenea formaţie nouă nu va putea fi făcută decît *diferenţiat, pentru fiecare disciplină* sau ocupaţie în parte, folosind figurile geometrice proprii domeniului respectiv, sau construind noi concepte figurative, reprezentări şi modele corespunzătoare proceselor la care participă.

★

9.4. Totuşi în organizarea deductivă a geometriei în scopul arătat mai sus, se pot şi aici căuta unele elemente comune aşa cum s-a căutat în modelele simbolice ale teoriei generale a sistemelor [12—14].

Scanned with OKEN Scanner

Trebuie să revizuim, pentru aceasta, revenind la Grecia antică, diferite soluţii prin care la începuturile utilizării geometriei, diverse elemente geometrice independente şi simple, erau utilizate pentru a se deduce propoziţiuni complexe prin asocierea propoziţiunilor simple. Aceste asocieri nu utilizau algebra şi prin aceasta valoarea lor în modele reprezentative practice şi intuitive, uşor de asimilat, este mărită. Pentru modele, destinate exclusiv înţelegerii şi nicidecum cuantificării mărimilor unor anumite stări, o aproximaţie suficientă pe care o dă o imagine prin puncte (definite prin coordonate pe ecran) şi linii drepte sau curbe unind aceste puncte, poate fi suficientă. În acest mod se obţine rolul reprezentării căutat de noi aici. Într-adevăr, la rîndul nostru, simţurile ne-au furnizat întotdeauna numai indicaţii aproximative, dar suficient de precise pentru operaţii de comparaţie calitativă a elementelor. *Comparaţia a fost întotdeauna elementul principal* cu care ne-au deprins simţurile noastre. Noi, conştient sau inconştient, asimilăm anumite valori sau stări de *referinţă* cu care comparăm elementele pentru a le caracteriza. Cînd spunem că un om este înalt, l-am comparat cu o înălţime medie pe care am adoptat-o inconştient. Cînd afirmăm că ne simţim bine, că mergem repede, că taximetrele sînt urîte şi vechi în oraşul X etc., am făcut tot atîtea comparaţii cu stări de referinţă corespunzătoare, stări pe care niciodată nu le-am stabilit printr-un proces conştient de judecată, ci poate numai printr-o *operaţie statistică* pe care am efectuat-o inconştient din observaţii asupra obiectului respectiv. De aceea, la utilizarea geometriei în imagini reprezentative, unul din elementele determinante este *stabilirea geometriei „stării de referinţă"* pentru produsul analizat, cu care vom compara alte imagini geometrice necesare unei analize, sau „vizualizării" evoluţiei unui proces. *De la asemenea imagini pot pleca de multe ori reprezentările alcătuind ceea ce numim „modelul ergonomic"*.

În ceea ce priveşte dezvoltările modelului în analizele necesare într-un domeniu sau altul, şi aici se pot stabili unele caracteristici generale.

9.5. Să concludem deocamdată la necesitatea introducerii geometriei reprezentative pe scară mare în prezentările ce pot fi făcute pe ecranele calculatoarelor. În alegerea geometriei reprezentative se poate porni de la o primă stare cunoscută : *starea de referinţă*. Ceea ce numim stare de referinţă este numită în unele lucrări din teoria sistemelor „starea în care se găseşte sistemul la un moment dat t_0 "[13] şi cunoaşterea acestei stări este considerată un „postulat" al teoriei stărilor. Necesitatea mai generală, de comparaţie pentru înţelegere, trebuie însă să utilizeze de multe ori o anumită stare de referinţă, aceea deja „asimilată" de cercetător şi pricepută

Scanned with OKEN Scanner

ca structură și funcționalitate, *iar nu o reprezentare simbolică cuantificată, care este în general mai comodă* în formulări generale.

★

10. O nouă sursă de modele? Teoria sistemelor

10.1. Plecînd de la noțiunea clasică de *sistem*, asistăm la construcția unei teorii generale inspirată de explozia științifică a secolului nostru. Astfel, în acest nou context, formalizarea uneori idenotică din diversele ramuri diferite ale științei, procedee similare, metodologii asemănătoare, au fost toate elemente componente, ce au permis unele concepte generale în completarea noțiunii clasice de „sistem". Astfel, „Teoria generală a sistemelor" [12—14] este astăzi o teorie seducătoare pentru spiritul cercetătorilor, cu individualitate și independență în metodele sale și care pare să-și continue drumul ascendent în perspectiva actuală a evoluției științei. Formalizările noi și generale caracteristice acestui nou domeniu sînt desigur *o nouă sursă de modele*. Utilitatea lor este evidentă în stabilirea modelor matematice ce vor servi la întocmirea programelor calculatorului în diverse domenii ale științei, aducînd în plus posibilități de utilizare în domenii multiple a unui aceluiași program sau a diverse rutine. Ce se întîmplă însă cu „inter-fața" dintre om și calculator în această nouă poziție a sistemului „om-mașină"? Sînt oare noi dificultăți în optimizarea ergonomică?

Considerînd importanța deosebită a domeniului „sistemic", să parcurgem evoluțiile noțiunii de sistem în concepția omului și să încercăm să detașăm elementele ce corespund naturii spiritului omenesc format în necesitatea de înțelegere a mediului înconjurător.

★

10.2. Noțiunea de sistem este veche. Cuvîntul σύστημα exista în limba greacă antică. El înseamnă *a lega împreună*, a crea o interdependență. După această etimologie un sistem este un ansamblu de obiecte (sau noțiuni) legate între ele prin anumite relații de dependență.

Acest ansamblu de obiecte, în concepția să-i spunem clasică, este raportat la o anumită noțiune mai importantă în cadrul ansamblului care lua fie denumirea de „centru" al sistemului, sau de „principiu". Astfel, se poate afirma că era vorba de un concept foarte general, înrudit cu conceptul de „ordine" în sensul filozofiei lui Leibnitz (vezi „Noul sistem al naturii și comunicării substanțelor", 1695,

Scanned with OKEN Scanner

Jurnalul savanţilor [21]). O „ordine" există în toate fenomenele generale: legile astronomiei, legile opticii, ale acusticii, ale termodinamicii etc.

Ceea ce Leibnitz considera esenţial era „principiul" fundamental al unui sistem, sau ideile sale fundamentale, ceea ce conferea un caracter cu totul general ca posibilităţi de extindere a noţiunii la diverse domenii. Ideea fundamentală pe care o căuta Leibnitz în principiul de ordine putea fi considerată la rîndul ei „centrul" sau „principiul" sistemului. Evoluţiile conceptului de sistem în trecerea la timpurile noastre a păstrat încă integral unele trăsături esenţiale. În jurul anului 1900, E. Boirac, pe atunci rector al Academiei din Grenoble, încercînd o sinteză a conceptului, evoluat de la noţiunea clasică a filozofilor greci, afirma: „Se pare că un sistem este o ordine mai definită şi complexă ale cărui părţi componente au nu numai rapoarte de asemănare (omogenitate, afinitate, analogie) dar încă rapoarte de dependenţă reciprocă (coordonare sau subordonare). Un sistem natural este un sistem care există în mod obiectiv în natură, adică un *ansamblu de lucruri existente şi legate între ele prin rapoarte de asemănare şi de dependenţă reciprocă*: în acest sens vorbim de sistem solar, de sistem nervos etc.".

*

10.3. Această scurtă incursiune în trecut arată clar că spiritul omenesc a formulat din primele sale formaţii o noţiune cu un conţinut identic ca fond cu conceptul actual. Reproducem cîteva definiţii a conceptului aşa cum este înţeles astăzi. În Dicţionarul limbii române [22] găsim:

Sistem — ansamblu de elemente (principii, reguli, forţe etc.) dependente între ele şi formînd un tot organizat, care pune ordine într-un domeniu de gîndire teoretică, reglementează clasificarea materialului într-un domeniu de ştiinţe ale naturii, sau face ca o activitate practică să funcţioneze potrivit scopului urmărit (se dau ca exemple: sistemul nervos, sistemul solar, sistemul geologic, sistemul vegetativ, sistemul de ecuaţii, sistemul economic etc.).

În „Larousse du XX^{e} siècle" (direcţia P. Ange) citim:

Systeme (lat. systema — grec. sustema):

Reuniune de principii coordonate în aşa fel încît să formeze un tot ştiinţific sau un corp de doctrină... etc. şi mai departe: Combinaţie a părţilor esenţiale pentru a ajunge la un rezultat sau pentru a forma un ansamblu.

În fine, în dicţionarul *Webster* de limbă engleză, găsim: System:
(a) O unitate completă formată din mai multe părţi integrate

Scanned with OKEN Scanner

într-un plan comun sau servind un scop comun. Se mai adaugă în text :

(b) un *ansamblu de obiecte unite printr-o regulă de interacțiune sau interdependență*. Un set de unități combinate prin natură pentru a forma un tot integral organic . . . etc. ;

(c) un grup de corpuri (ca de exemplu sistemul solar) mișcîndu-se împreună, o coordonație între ele sau sub influența unor forțe ce le asigură legătura ;

(d) organe corelate care cooperează pentru funcționarea unei funcții vitale ;

. . . și alte formulări cu cazuri diferite ca natură (idei, limbă, obiecte, formînd o rețea etc.).

Am ales citatele de mai sus, diferite ca formulări, care conțin toate aceeași idee centrală, care se regăsește și în antica concepție greacă ca și în gîndirea din evul mediu (vezi Leibniz).

★

10.4. Odată cu progresul accelerat al gîndirii științifice din secolul nostru, și cu apariția „creierului electronic", noțiunea de sistem și-a îmbogățit conținutul [12, 13, 14, 20]. Pe de altă parte, calculatorul electronic a generat necesitatea de a găsi soluții și concepte noi pentru caracterizarea, identificarea, luarea deciziilor și comanda în varietatea de „sisteme" ce s-au dezvoltat în diverse discipline. Astăzi sisteme numeroase și bogate ca conținut pot fi caracterizate de multe ori după criterii similare ca fond dar diferite ca formulare. Astfel, vom distinge în compartimentele mari sisteme politice, economice, mecanice, electrice, biologice, chimice etc.

În formalizarea lor matematică ele pot fi liniare sau neliniare, discrete în timp sau continui, uniform distribuite sau concentrate, stohastice sau deterministe, active sau pasive etc.

Mai departe, multe sisteme prezintă între ele anumite aspecte comune ca de exemplu caracteristici de stare, cauzalitate, pasivitate, echivalență, stabilitate, observabilitate.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A DOUA

Rețelele și posibilitățile lor de abordare sistemică în alte domenii

Modelul rețelelor înțeles în sensul cel mai general are posibilități multiple de reprezentare pentru numeroase familii de sisteme. Înțelegem prin rețele o geometrie formată din noduri și ramuri care le unesc, în care atît nodurile cît și ramurile pot avea multiple semnificații în reprezentarea unui sistem sau altul.

Astfel topologia *unui sistem poate fi* radială, *cu razele radiale organizate după anumite norme, poate fi* buclată, *cu diverse moduri de buclare, poate fi* mixtă, *cu o topologie urmînd anumite reguli de formare, sau* stohastică *etc. Esențial rămîne natura nodurilor care sînt legate prin ramuri precum și natura acestor ramuri. Deocamdată să pornim de la rețelele electrice și anume de la cele electroenergetice care sînt clare, simple ca structură și ca natură fizică a componentelor (noduri și ramuri).*

Scanned with OKEN Scanner

11. Rețele electrice, model pentru reprezentarea unui sistem

Din cele de mai sus rezultă necesitatea de adaptare a modelelor „ergonomice", pe de o parte, imperativelor unui anumit domeniu, iar pe de altă parte, formației intelectuale deja cîștigată în domeniul respectiv și care și-a dovedit convenienta. În general, sistemele fizice permit mai ușor adaptări ale modelelor de acest fel, atunci cînd omul prin simțurile lui și raționamente simple pe care le efectuează poate formula direct concluzii calitative și înțelege caracterizări esențiale ale domeniului respectiv pe modelul utilizat.

11.1. Să reluăm definiția simplă și generală ce caracterizează un sistem : *o colecție de obiecte ce au o interdependență sau interacțiune între ele* (obiecte în sensul cel mai general). Sistemul fizic cu o geometrie clară și simplă, corespunzînd acestei definiții, este desigur și o rețea electrică considerînd nodurile ei ca obiectele ce alcătuiesc sistemul, iar laturile, elementele ce stabilesc interdependența sau interacțiunea.

Vom rezuma deocamdată aspecte ale „rețelelor REI" propuse de autor [14, 16], semnalînd în special calitățile ergonomice ale acestei căi noi de analiză a rețelelor, calități căutate în mod special și nepuse încă la ora actuală decît parțial în valoare.

11.2. *Rețelele REI sînt modele imitative* înrudite [15—18] cu grafurile de fluență. Au fost totuși, denumite de autor *scheme* și nu grafuri (schema REI a unui nod, schema REI a întregului sistem etc.), deoarece sînt chiar scheme electrice avînd o natură identică cu obiectul studiat (rețelele). Ele sînt deci modele reduse ca dimensiuni pentru o cît mai ușoară înțelegere (număr mic de noduri) față de rețeaua reală dar păstrează încă toate caracteristicile rețelei reale în cea mai elementară structură. Astfel, fiecare categorie de noduri generatoare sau consumatoare (cu puteri constante sau cu puteri variind corespunzător după anumite legi etc.) se regăsesc grupate toate cu o natură identică *) într-un singur nod artificial al modelului REI numit de noi NOD REI [17].

Căile de reducere a rețelei pentru obținerea modelului REI apelează la o primă „liniarizare" a părții neliniare a sistemului electric. Sistemul liniar obținut permite o restructurare și grupare a nodurilor în noduri „fictive". Odată transformată rețeaua reală într-o rețea redusă, se procedează la o „deliniarizare" a modelului

*) nerespectarea „naturii identice" se poate practica pentru simplificări cu introducerea unor aproximații.

Scanned with OKEN Scanner

redus final. Nodurile fictive (REI) capătă astfel legile de variație reale ale injecțiilor de curent și putere corespunzătoare nodurilor reale ce au fost reduse din schemă.

Respectarea naturii sistemului în modelul redus este calitatea esențială a rețelelor REI. De aici rezultă un prim aspect ergonomic cît și facilități de calcul. Astfel:

11.3. *În ceea ce privește aspectul ergonomic*, schemele REI pentru un nod ce sînt modele imitative permit asocierea unui al doilea model, de rîndul acesta, analogic, denumit IMAGINE NODALĂ [15]. Această imagine, alcătuiește o diagramă simplă reprezentînd geometric mărimile electrice ce intervin într-un nod. Ea permite bogate caracterizări calitative și chiar cantitative pentru funcționarea rețelei în întregime, și determinarea stării nodului reprezentat în imagine. Imaginea nodală a fost denumită și rețeaua „văzută" printr-un nod. Pe o asemenea imagine se poate caracteriza efectul variației tensiunilor nodurilor generatoare, a variației curenților de scurt-circuit, a stabilității statice și chiar dinamice (imagini nodale dinamizate vezi [15—2]).

„Vizualizarea pe ecranele calculatoarelor a modelelor REI și a imaginilor lor nodale" rămîne elementul cel mai prețios din punct de vedere *ergonomic* [17, 18].

11.4. *În ceea ce privește facilitățile calculului*, este de observat că s-a plecat de la o reprezentare matriceală a sistemului dezvoltat, care alcătuiește și o tabulare a mărimilor fizice familiare electricienilor (admitanțe, tensiuni, curenți injectați). Astfel, un electrician citind elementele modelului matematic poate trasa direct schema rețelei, ceea ce satisface de la început condițiile ergonomice. Transformări matriceale în care intervine „liniarizarea" cu „deliniarizare în final" pot fi în permanență urmărite de cercetător. Ele corespund transformărilor de topologie ale rețelei studiate în rețele echivalente reduse. Astfel se obțin informații de la modelul redus ce sintetizează efecte globale a numeroase noduri concentrate într-un singur nod REI echivalent, precum și evoluția nodurilor păstrate cu adevărata lor identitate în model în regimurile studiate. Calculul pe model se face astfel în mod identic cu calculul ce s-ar fi făcut pe rețeaua reală pe care o imită modelul și a cărei natură a păstrat-o. Astfel, modelul matematic rezultat pentru rețeaua redusă rămîne neschimbat în toate problemele specifice sistemelor electrice (stabilitate statică, dinamică, reglaj, pierderi etc.) și identic teoretic ca natură cu cel ce se adoptă în mod curent pentru întreaga rețea. Observăm că în cazul altor modele matematice, modelul adoptat este în general specific problemei studiate.

Scanned with OKEN Scanner

11.5. *Posibilități de analiză simplificată a sistemelor electrice vaste interconectate cu ajutorul rețelelor REI.* Calitățile prezentate mai sus dau posibilități deosebite de cercetare pe modele REI reduse la esențial în probleme de interconexiuni, în care fiecare sistem (național, regional etc.) în parte poate fi reprezentat printr-un model redus la un număr minim de noduri, alese conform informațiilor sintetice ce le pot avea dispecerii diverselor sisteme interconectate și dispecerul interconexiunii. Aceste modele vor respecta mai departe „natura" sistemului vast pe care îl reprezintă. Interconectarea rețelelor REI alcătuiesc astfel modelul redus al sistemului interconectat. În acest mod dispecerii ce conduc și supraveghează aceste vaste sisteme moderne au la dispoziția lor modele simple cu cîteva noduri, pe care le interpretează ușor, în locul rețelelor complicate alcătuite din mii de noduri ale vastelor interconexiuni moderne (vezi [41] și [18] — premiul Fundației Montefiore, 1981).

Am rezumat aceste rezultate ca exemplu de „ergonomizare" a relațiilor om-calculator. Asemenea procedee sînt posibile și în alte sisteme. În general, se poate afirma că se pot stabili analogii în procedee, în sisteme ce pot fi reprezentate ușor pe ecranele de *vizualizare* a calculatoarelor, prin figuri geometrice staționare sau dinamice corespunzătoare evoluției sistemului studiat.

Dacă cercetarea modelelor matematice în diverse domenii și discipline este esențială pentru o utilizare eficientă a calculatorului electronic, adaptarea modelelor la poziția optimală a omului în fața noii mașini ne apare fundamentală. Această adaptare trebuie să respecte, pe de o parte, posibilitățile de participare directă a omului la procesul intelectual pe care îl reproduce mașina, și să utilizeze cuceririle tehnicii în ceea ce privește elementele ce pot fi azi reproduse pe ecranele calculatoarelor. Aceste aspecte „ergonomice" ale relațiilor „om-mașină" au un specific nou, care trebuie bine înțeles și analizat în fiecare domeniu în parte. În scurta prezentare a conceptului REI s-a dat un exemplu al soluțiilor propuse de autor în domeniul analizei rețelelor electrice [15, 18]. Caracteristicile sistemelor electrice au aspecte generale, ce inspiră cercetări similare în alte domenii, așa cum s-a arătat în lucrări anterioare [16].

Omul rămîne mai departe elementul principal în noua relație „om-mașină", necesitățile sale intelectuale trebuie considerate, și respectate în totul în noile condiții create de apariția „creierului electronic".

Scanned with OKEN Scanner

12. Graful REI: o încercare de generalizare a conceptului REI

Să selecționăm conceptele Analizei Nodale aplicate rețelelor REI, rezumate sumar mai sus, care pot fi integrate în concepte generale, de natura grafurilor, și aplicabile astfel la un număr mare de sisteme.

12.1. *Primul concept al ANALIZEI NODALE — schema electrică REI.* Acest *prim concept al analizei nodale* dă o soluție de „ergonomizare" printr-un procedeu de restructurare a rețelei reale complicate într-o rețea simplă radială, denumită REI. Pentru aceasta se pleacă de la un regim cunoscut pe care l-am numit regim de *referință*.

Schema REI (fig. 1) are totdeauna aceeași structură și se obține prin corespondența biunivocă ce există între această schemă și ecuațiile nodale reduse ale rețelei, după o prealabilă liniarizare. Eliminarea tuturor nodurilor neinteresante în problema ce se cercetează

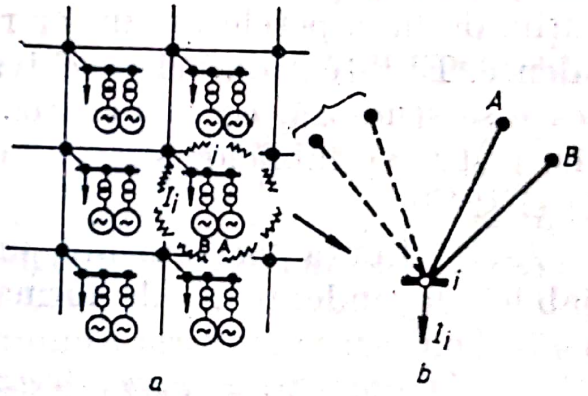


Fig. 1. — Schema REI a nodului *i* în studiu.

poate fi făcută fie printr-un procedeu de eliminare a variabilelor din ecuațiile nodale inițiale ce descriu rețeaua reală, fie prin transformări succesive de circuite de tipul stea-poligon [15.1].

În noua structură a schemei (REI) se reține următoarele noduri:

a) *nodul central* al schemei este nodul păstrat cu adevărata lui identitate din rețeaua reală, așa-numit, „nodul în studiu" (*i* în fig. 1);

b) *nodurile de la frontiera* schemei, la capătul ramurilor radiale (*A*, *B* în fig. 1), sînt nodurile reale dovedite din calcul matematic că au influență hotărîtoare asupra nodului central (în studiu) și cărora în schema REI li se aplică tensiunea acestor noduri așa cum apare în rețeaua reală.

Scanned with OKEN Scanner

Pe o asemenea schemă simplă și totdeauna aceeași ca structură, în care ramurile radiale rezultă ca o admitanță echivalentă, se poate examina pentru nodul studiat (central) atît poziția și dependența lui relativă față de nodurile reținute adică față de nodurile ce decid stările nodului studiat, cît și consecințele diverselor stări ale rețelei reale pentru nodul în studiu. Această schemă electrică, denumită REI, se asociază în acest scop unei a doua diagrame, denumită „imagine nodală" care alcătuiește al doilea concept figurativ al analizei nodale [15] și care permite o „vizualizare" intuitivă a stărilor.

Să ne oprim la primul concept figurativ (REI), obținut printr-o schimbare a structurii, și să-i căutăm caracterele care l-ar face aplicabil în alte discipline.

Se demonstrează ușor că schema REI a analizei nodale aplicată rețelelor electrice este înrudită cu categoria mai generală a grafurilor de fluență [19] și constituie un graf elementar.

Un graf REI ar putea fi definit ca avînd aceleași reguli de constituire ca un graf de fluență liniar cu o structură standardizată radială, graf ce definește o ecuație algebrică liniară. În graful REI, nodul central reprezintă o variabilă dependentă (sau o funcție) iar nodurile de la capetele ramurilor radiale reprezintă variabilele independente. El este radial (R), echivalent (E) cu sistemul pentru funcția care se studiază, corespunzătoare nodului central, și independent (I) de restul variabilelor sistemului ce nu apar reprezentate în graf (vezi și [21]).

Astfel figura 2*a* prezintă un graf REI ce definește ecuația variabilei dependente x_7 de forma

$$x_7 = a_{72}x_2 + a_{73}x_3 + a_{74}x_4, \tag{1}$$

unde x_2, x_3, x_4 sînt variabile independente, iar coeficienții respectivi, a_{72}, a_{73} și a_{74} sînt transmitanțele (vezi fig. 2).

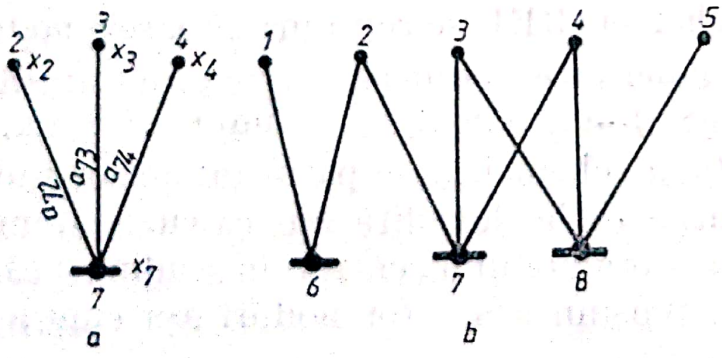


Fig. 2. — Graf REI : a nodului 7 (*a*) ; al sistemului (*b*).

Ecuaţia (1), ce poate fi reprezentată de un graf REI ca cel din figura 2*a*, este extrasă dintr-un sistem de ecuaţii matriceale adus la forma

$$[x] = [A]\,[x_i], \tag{2}$$

în care x este matricea coloană a variabilelor dependente „izolate" în membrul întîi, A — matricea transmitanţelor, iar x_i — matricea coloană a variabilelor independente.

Sistemul de ecuaţii (2) poate fi, la rîndul lui, reprezentat de graful din figura 2 *b*, numit „graf REI al sistemului", în care x_6, x_7 şi x_8 sînt variabilele dependente, iar x_1, x_2, x_3, x_4 şi x_5 variabilele independente.

Se poate uşor observa din cele de mai sus că un graf REI este de fapt un desen indicativ al unei anumite structuri. El arată dependenţa funcţiei, pe care dorim să o studiem, de variabilele independente ale sistemului. Dacă sistemul are un anumit grad de libertate, cercetătorul îşi va alege numărul respectiv de variabile independente şi va cere calculatorului desenul reprezentativ al structurii aşa cum rezultă pentru variabilele dependente interesate în studiul pe care-l întreprinde.

Se pot uşor enumera cîteva proprietăţi ce rezultă pentru „grafurile REI":

— grafurile REI păstrează o corespondenţă *biunivocă* cu ecuaţiile pe care le definesc; la grafurile de fluenţă de care ne vom ocupa în continuare corespondenţa este univocă şi depinde de felul şi ordinea în care scriem ecuaţiile algebrice (vezi paragraful 16);

— grafurile REI nu conţin bucle;

— grafurile REI nu conţin ramuri orientate către nodurile de la capetele ramurilor radiale (noduri ce corespund variabilelor independente). Nu este deci necesar să notăm săgeţile de direcţie (vezi fig. 2).

12.2. *Al doilea concept al analizei nodale: imaginea nodală.* Imaginea nodală în cazul particular al studiului reţelelor electrice prin metoda analizei nodale era o diagramă ce figura suprapunerea efectelor în nodul în studiu pentru care se întocmesc scheme REI [15].

Diagrama rezultată, denumită *imaginea nodală*, are un aspect *poligonal* şi poate fi considerată o imagine a reţelei văzută printr-un nod (nodul în studiu din centrul schemei REI). Prin simpla examinare a acestei imagini [15, 18] se obţin bogate informaţii asupra stării reţelei şi a posibilităţilor ei de evoluţie. Astfel, se poate citi pe imaginea nodală (fig. 3):

— *curentul de scurtcircuit* în nodul în studiu (rezultanta $O-O_n$ pe figură);

Scanned with OKEN Scanner

— *componentele acestui curent* corespunzătoare diverselor centrale (fazorii componenți pe diagramă);

— *tensiunea nodului în studiu* (se măsoară la o anumită scară pe fazorul rezultant);

— *informații asupra distanței regimului* respectiv pînă la o stare instabilă (rezultă din unghiurile fazorilor);

— *posibilitatea de evoluție* în legătură cu eventuale regimuri dinamice provocate de incidente în nodul în studiu (se apreciază după aspectul figurii sau dintr-o reprezentare a regimurilor dinamice simulate);

— *mărimi și aspecte caracteristice* în legătură cu *reglajul* și posibilitățile de evoluție a fiecăreia din centralele sistemului (stabilitatea, reglaj etc.);

Odată cunoscută semnificația diagramelor de către cercetător, el poate prin simplă vizualizare să stabilească o caracterizare a stării respective a rețelei „văzută" prin nodul respectiv, cu multiplele lui aspecte. Prin aceasta, el poate să asocieze, cu ajutorul desenului cercetat, raționamente simple, directe, făcute asupra modelului simplu tipizat.

12.3. În cazul general al unui *sistem liniar* (sau liniarizat în intervalul studiat), odată constituit un graf REI pentru o variabilă dependentă (sau funcție ce se studiază), conform paragrafului 12.1, i se poate asocia, de asemenea, un al doilea desen standardizat care poate fi denumit graf reprezentativ al suprapunerii efectelor în nodul central al grafului REI. Denumim „imagine nodală" acest al doilea graf, asociat grafului REI.

Figura geometrică ce rezultă poate fi definită la rîndul ei astfel: Se numește „imagine nodală" un traseu continuu format din segmente de dreaptă plasate în serie, a căror rezultantă geometrică (sau proiecțiile sale pe anumite axe alese) și ale cărui componente definesc o ecuație algebrică liniară folosită pentru constituirea unui graf REI; rezultanta este asociată nodului central al grafului REI, adică variabilei dependente, iar segmentele de dreaptă componenta termenilor din membrul doi al ecuației și corespund variabilelor independente multiplicate cu coeficienții (transmitanțele) respectivi.

Se poate astfel spune că „imaginea nodală", cu regula de constituire enunțată, corespunde univoc grafului REI, rezultanta (nodul central) corespunzînd variabilei dependente, iar laturile componente efectelor nodurilor radiale prin „transmitanța" respectivă.

12.4. O asemenea imagine se constituie pentru o anumită *stare de referință*, față de care se dorește vizualizarea comportării.

Există o mare elasticitate în constituirea imaginii nodale și numai cunoașterea domeniului ce se studiază, cu problemele ce le

Scanned with OKEN Scanner

pune, va permite întocmirea imaginii optime pentru vizualizarea stărilor. Se pot, de asemenea, constitui mai multe imagini nodale pentru vizualizarea aceluiași nod pentru care s-a constituit schema REI. Acest lucru rezultă clar din aplicațiile numeroase ce au fost arătate în cazul rețelelor electrice [15].

Trebuie reținut că, în cazul rețelelor electrice, graful REI trebuie considerat ca o schemă electrică cu proprietățile fizice respective, iar imaginea nodală determină o diagramă a suprapunerii efectelor tensiunilor aplicate în circuitele schemei liniarizate.

★

Vom reveni asupra posibilităților de extindere a conceptului REI în domeniul grafurilor, dincolo de cele expuse pînă aici, după parcurgerea unor cazuri simple (vezi paragraful 15) din diverse domenii, pentru a fixa ideile fundamentale cu caracter general.

13. Două scheme elementare reprezentative a legăturii între „noduri" și „laturi" formînd un graf

Se poate observa că cele două desene propuse pentru reprezentarea aceleiași funcții corespund *structurilor elementare clasice* și anume : structuri radiale (fig. 1 și 2) ; structuri circulare (fig. 3) (bucle sau serie).

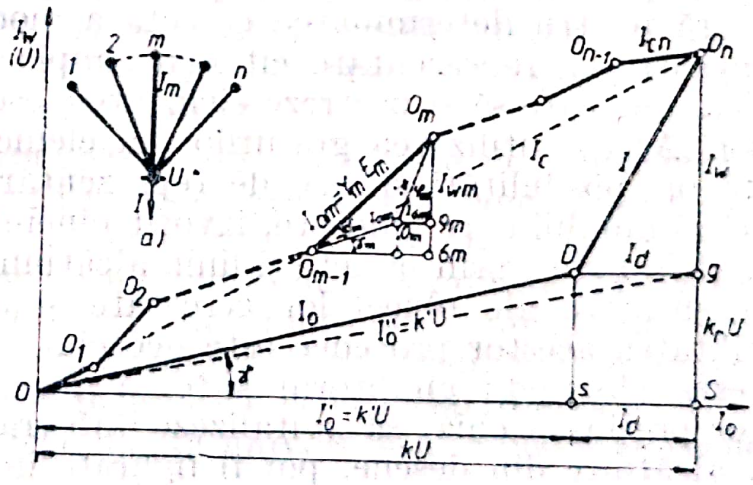


Fig. 3. — Imagine nodală. Schemă poligonală a curenților.

13.1. Graful cu prima structură (graful REI) arată dependența funcției studiate de variabilele independente ale sistemului.

Graful cu a doua structură (imaginea) caracterizează cantitativ și calitativ efectul variabilelor independente asupra funcției în studiu (suprapunerea efectelor în cazul grafurilor liniare).

13.2. De asemenea, observăm că, figurînd o categorie de mărimi prin noduri, iar o alta prin laturi, se poate găsi o corespondență univocă între cele două structuri elementare și astfel facem o alegere după caz în stabilirea reprezentărilor celor mai intuitive, utilizînd astfel posibilitatea asocierii ambelor structuri în reprezentarea aceluiași sistem.

14. Rolul euristic al reprezentărilor cu ajutorul figurilor geometrice simple în analiza sistemelor

Noțiunea de „sistem", după cum am arătat (vezi paragraful 10), a căpătat astăzi un conținut foarte larg. Să revenim la una din definiții (dicționarul Webster) : „Un sistem este un ansamblu de obiecte unite prin anumite forme de interacțiune sau interdependențe". Cuvîntul „obiecte" poate fi înțeles într-un sens larg, putînd fi vorba și de noțiuni abstracte, fără conținut fizic *).

14.1. *Generalizarea aplicării matematicii*, se poate spune în toate disciplinele, permite în general stabilirea relațiilor de interacțiune sau de interdependență între obiectele sistemului și poate da soluții complete atunci cînd punerea problemei a fost clar formulată. De multe ori, însă, o înțelegere prealabilă a posibilităților, a ipotezelor și a esențialului în anumite probleme este foarte fertilă și chiar necesară pentru determinarea corectă a modelului matematic. Pentru aceasta, o reprezentare cît mai simplă a sistemului sub formă grafică, dar care să-și păstreze elementele esențiale, poate fi de mare ajutor. Astfel, utilizarea grafurilor ca elemente ajutătoare oferă de multe ori posibilități simple de reprezentare geometrică. Un vechi obicei al omului care gîndește, izvorît bineînțeles din necesitate, este acela de a figura prin puncte și linii, alcătuind desene simple, imagini reprezentative ale obiectelor cercetate și ale relațiilor dintre ele. Fertilitatea acestor procedee este deosebită atunci cînd raționamentul este abstract; gînditorul pare să-și recapete astfel intuiția ca ajutor prețios și chiar să „vitalizeze" abstracția. Reprezentări sintetice, alcătuite din desene, pot fi figurate în mod simplu prin relații de dependență și prin aceasta să conducă la o *structuralizare* a inter-

*) vezi paragraful 10.3.

Scanned with OKEN Scanner

dependenței elementelor între ele, structuralizare care permite apoi caracterizări directe asupra domeniului astfel reprezentat. Astfel, importanța desenelor în cazul raționamentului investigator este cu totul deosebită, aș spune chiar esențială. Generarea ipotezelor, sugestia ideilor noi și a posibilităților de comportare, punerea în evidență a esențialului etc. sînt toate importante aspecte euristice ale imaginilor ce însoțesc raționamentele noastre.

Considerînd ultima evoluție a calculatoarelor electronice, care astăzi pot reprezenta direct pe ecrane desene geometrice reprezentative, cu rol conversațional „om-mașină" precum și posibilitățile de asociere a grafurilor raționamentelor noastre, în diverse domenii ale cercetării, apar de mare actualitate. Din cercetările în curs rezultă o productivitate deosebită a utilizării grafurilor [25] în organizarea dialogului cercetătorului cu calculatorul electronic. De aceea vom încerca mai jos să punem în evidență conceptele cu caracter general ale analizei nodale și, prin analogie cu rezultatele obținute în cercetarea sistemului electroenergetic, să examinăm posibilitățile ce le-ar oferi în cercetarea altor categorii de sisteme, utilizînd cele mai simple grafuri, grafurile REI (radiale) (vezi paragraful 12).

14.2. În primul rînd trebuie considerate sistemele fizice, cu parametri localizați, adică un ansamblu de obiecte fizice definite prin parametri constanți sau variabili și avînd un grad de libertate finit. Metoda apare interesantă atunci cînd se caută interacțiunea sau interdependența unui anumit obiect făcînd parte din sistem, față de variațiile posibile ale stării altor obiecte din sistem. Inginerul poate figura asemenea sisteme prin scheme în care nodurile și ramurile au anumite semnificații. Aceste scheme pot ușura scrierea ecuațiilor sistemului care de multe ori determină ecuații diferențiale sau integrale. Se poate, uneori, trece apoi la aproximația liniară, utilizînd transformările Laplace (sau Fourier).

Soluționarea acestor sisteme de ecuații este de multe ori făcută prin obținerea unor ecuații reduse, care nu mai conțin decît *anumite variabile*, și anume cele caracterizînd starea obiectului studiat, și care pot fi considerate variabile independente față de care se examinează „interdependența" sau „interacțiunea" obiectului studiat. Calculul matriceal este unul dintre instrumentele cele mai fertile pentru transformările și reducerile de ecuații, iar reprezentările prin grafuri pot păstra o corespondență univocă sau biunivocă cu ecuațiile respective.

Astfel, în evoluția recentă a calculatoarelor, grafurile pot să devină un mijloc general de reprezentare prin desene simple ce pot fi obținute direct pe ecrane, cu corespondență directă cu calculul

Scanned with OKEN Scanner

digital efectuat. Deci, locuri geometrice, figuri caracteristice etc. pot fi asociate reprezentativ calculului numeric și pot facilita cercetătorului caracterizarea stărilor sau a evoluției lor.

14.3. Este evident că reproducerea geometriei grafurilor specifice unor anumite domenii pe ecranul calculatorului cer programări în plus, ades excesiv de laborioase dacă și creionul luminos (light-pen) este utilizat în interfața om-calculator pentru dialog. Trebuie însă considerat beneficiul substanțial pe care îl va putea căpăta omul în dialogul cu noua mașină ce poate fi numită : „inteligență artificială".

15. Exemple de analiză a structurilor și stărilor prin utilizarea celor două concepte figurative fundamentale ale analizei nodale (AND)

Pentru a ne face mai ușor înțeleși, vom arăta cîteva exemple de aplicare a analizei nodale în diverse domenii, încercînd apoi o caracterizare cît mai generală a celor două concepte figurative ce-i sînt specifice. Astfel, rezumăm cîteva exemple din electroenergetică, domeniu în care există o bogată experiență cîștigată.

15.1. *Electroenergetică.* După cum s-a arătat în paragraful 11.3, „vizualizarea stărilor rețelei" se face cu ajutorul a două reprezentări [15—18] :

a) *Schema radială* (R), echivalentă (E) pentru *nodul în studiu* cu restul rețelei și independentă (I) de orice altă variantă a sistemului, cu excepția celor reținute în schemă [15].

Admitanțele ce apar în această schemă corespund „distanței electrice" reale a nodului studiat față de nodurile reținute în schemă (lucru greu de observat pe schema reală, complicată, cu bucle și structură neomogenă).

b) *Imaginea nodală* întocmită pentru nodul studiat rezultă, în cazul rețelelor electrice [15], din reprezentarea grafică a curentului de scurtcircuit cu componentele lui corespunzătoare fiecărui nod considerat ca generator [26,51].

Aspectul ei poligonal poate lua diverse forme caracteristice, indicative ale stărilor sau calităților regimurilor întregului sistem „văzut" prin nodul în studiu. Astfel, rezumăm cîteva aspecte spectaculoase :

Scanned with OKEN Scanner

— Dacă fazorii reprezentînd generatorii apar coliniari, se poate demonstra că regimul reprezentat prezintă avantaje maxime din punctul de vedere al stabilității și al reglajului tensiunii în nodul studiat (fig. 4).

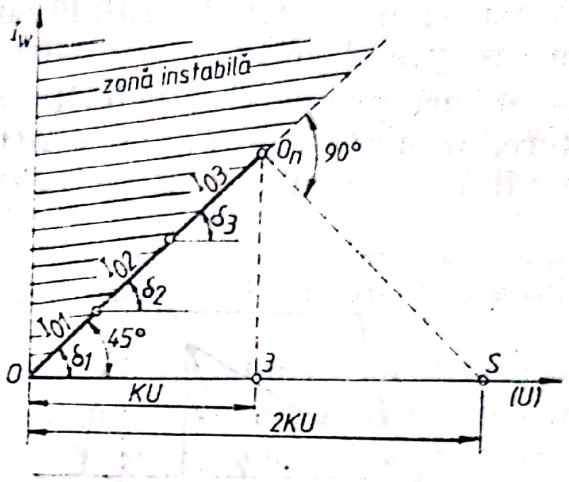


Fig. 4. — Imagine nodală cu fazori coliniari corespunzători nodurilor generatoare.

— Comparînd două imagini, figura care prezintă unghiurile cele mai mici ale fazorilor față de axa absciselor reprezintă un regim preferabil din punct de vedere al reglajului și stabilității (fig. 5).

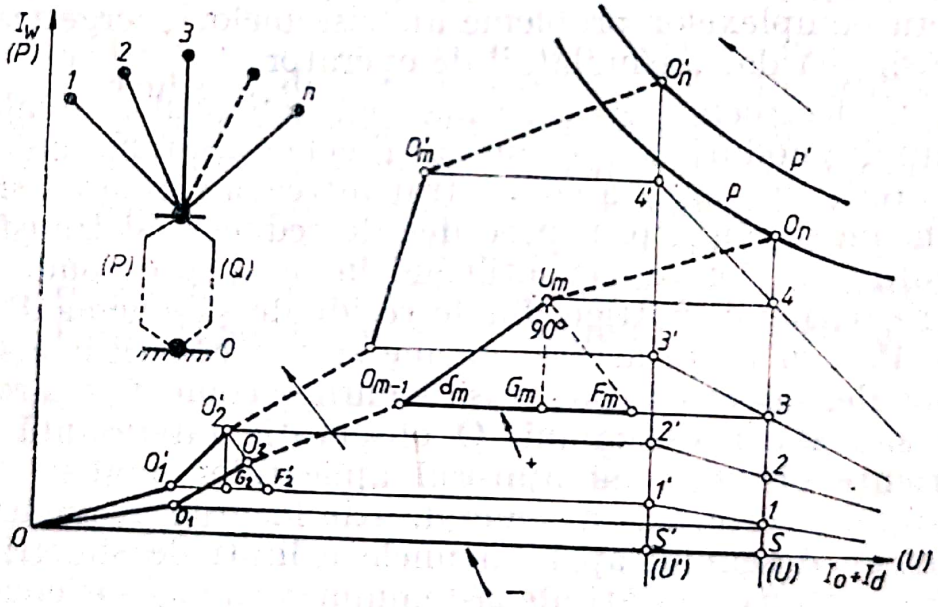


Fig. 5. — Evoluția imaginii nodale la degradarea regimurilor în evoluția spre INSTABILITATE. Regimul OO'_n reprezintă o evoluție către instabilitate.

— Fazorii ce ies din aliniere, avînd unghiuri superioare rezultantei fazorilor, reprezintă centralele în situații mai grele.

Numeroase drepte, cercuri sau alte curbe și locuri geometrice ce pot fi trasate pe imaginea nodală indică anumite stări pentru

Scanned with OKEN Scanner

sistem. În cazul cel mai simplu al reprezentării nodului la care este legat un generator puternic, se pot trasa pe imaginea nodală locurile geometrice ale fazorilor indicînd (fig. 6):

— puterea maximă activă (punctul n cînd ajunge în M);

— puterea maximă stabilă impusă în anumite regimuri (n descrie dreapta NM);

— locuri geometrice referitoare la puterea reactivă, factorul de putere, anumite valori ale curentului rotoric sau statoric (de exemplu maximul acestor curenţi) etc. (vezi partea a cincea).

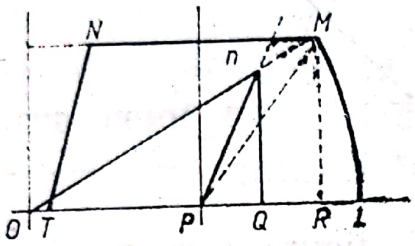


Fig. 6. — Locuri geometrice pe imaginea nodală a unui nod generator.

Am insistat asupra acestor aspecte de detaliu, descrise în lucrările [15] și [18], pentru a arăta bogăţia informaţiilor ce pot fi obţinute asupra complexelor probleme ale sistemelor energetice printr-o geometrie simplă dar „asimilată" de operator.

Tot în electroenergetică se mai pot constitui echivalenţi REI pentru anumite noduri fictive, cum ar fi cel cu „sarcină unică", adică un nod ipotetic, în care s-a concentrat întreaga sarcină a sistemului. Aceste scheme se obţin prin procedee de reducere și transformare a matricei admitanţelor reţelei, utilizînd în final corespondenţa biunivocă dintre termenii matricei finale reziduale și schema REI reprezentativă. Pentru toate aceste scheme se pot constitui mai departe imagini nodale, în care se pot trasa locurile geometrice caracteristice structurii sau stării sistemului. O observaţie interesantă rezultată din experienţe cîștigate cu ajutorul aplicaţiilor analizei nodale în electroenergetică este că, în general, atît locurile geometrice, cît și caracteristicile desenului apar cu unele calităţi de simetrie, atunci cînd indică anumite calităţi ale sistemului (vezi mai sus coliniaritatea fazorilor ce indică un optim pentru reglaj și stabilitate) (fig. 4). Chiar dacă numeric *desenul* dă numai informaţii aproximative, caracteristicile, calităţile și evoluţiile sistemului sînt obţinute exact pentru luarea deciziilor.

15.2. *Electrotehnică.* În structurile aparatelor și instalaţiilor sînt deja larg utilizate reprezentări schematice sau desene analogice (modele imitative sau analogice — vezi paragraful 7). Dorim numai să

Scanned with OKEN Scanner

subliniem caracteristicile „circuitelor serie" ce parcurg un număr oarecare de noduri fără injecții de curent — fiecare nod este deci legat numai cu două noduri vecine. Caracteristica acestor circuite este curentul comun care le traversează și care poate fi considerat sursa activă. Ramurile, cu caracteristici diferite fiecare, generează tensiuni în nodurile traversate. Sursele de curent ca și cele de tensiune, *duale între ele*, convin fiecare în diverse aplicații ale electrotehnicii. Prezentări ce nu ar putea fi încadrate în modele rețea sînt adesea mult mai explicite. Un interesant exemplu de utilizare a celor două surse active duale, îl găsim în construirea „Rețelei cu bilanț energetic nul", rețea dezvoltată pe larg în [41]. Această rețea poate fi considerată conceptual ca centrul formării nodurilor artificiale REI propuse de noi.

15.3. *Mecanică.* Domeniul cel mai apropiat de electrotehnică, cu modele matematice de multe ori identice și analogii între variabile, îl constituie, fără îndoială, sistemele mecanice. Mecanica este însă un domeniu bine cercetat, cu procedee și metode aplicate de mult timp și experimentate cu succes, în care necesitatea de a reforma și introduce metode noi de analiză, odată cu introducerea calculului digital, nu a fost la fel de manifestă ca în cazul cercetării sistemelor vaste energetice apărute în zilele noastre.

Totuși, trebuie să semnalăm o cercetare interesantă ce s-a încercat în cadrul Catedrei de mecanică de la Institutul politehnic din București de către doctorandul Mariana Frățilă, sub conducerea prof. Radu Voinea, în cadrul tezei *Contribuții la studiul vibrațiilor forțate ale sistemelor elastice complexe, cu aplicații la vibrațiile autovehiculelor*. Din cele ce mi-au fost relatate de cercetător a rezultat că s-a încercat construirea unui graf REI în care nodul în studiu (vezi fig. 7) este reprezentat de o anumită variabilă a unui obiect

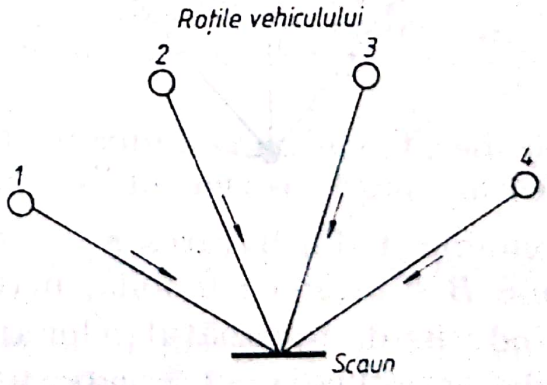


Fig. 7. — Graful REI constituit pentru studiul vibrațiilor autovehiculelor.

din interiorul vehiculului, căruia îi este necesar să-i determinăm natura vibrațiilor (de exemplu pentru platforma conducătorului). Nodurile de frontieră așezate la capul ramurilor radiale (fig. 7)

Scanned with OKEN Scanner

reprezintă variabile caracteristice ale celor patru roți. Cunoscînd deplasările suferite de roți din cauza incidentelor de parcurs, exprimate prin anumite variabile complexe, introduse în cele patru noduri, se determină rezultatele ce se obțin pentru dinamica nodului în studiu. Problema comportă o oarecare complexitate în determinarea valorilor transmitanțelor, unele aproximații (liniarizări etc.) și stabilirea unei căi de reducere a ecuațiilor sistemului mecanic pentru a obține ecuații simple din care rezultă, prin corespondența termenilor, graful REI căutat.

Odată obținută, pentru graful reprezentativ, structura standard (REI), rămîne de determinat imaginea sau imaginile nodale ale nodului central care vor permite „vizualizarea" anumitor stări ce interesează cercetarea respectivă.

15.4. *Economie.* S-a arătat într-un studiu detaliat [26, 27] posibilitățile de aplicare ale analizei nodale în probleme economice. Vom arăta, foarte pe scurt, rezultate obținute într-o problemă simplă în care „sistemul" este format dintr-un număr oarecare de mărfuri ce intră într-un schimb între două spații economice și care au relații de interdependență între ele, legate de volumul total al schimbului, prețului, beneficiului etc.

În figura 8 se poate observa schema REI a nodului în studiu, nod care de rîndul acesta corespunde valorii totale realizate de spa-

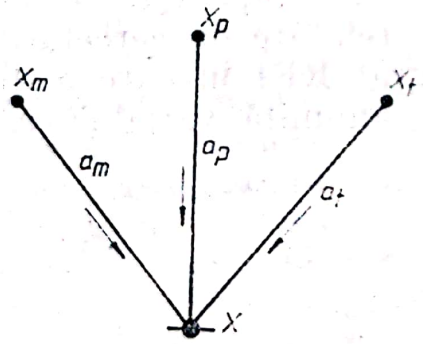


Fig. 8. — Graf REI corespunzător celor 3 mărfuri.

țiul economic A din livrarea a trei categorii de mărfuri către spațiul economic B și anume: mobilă, petrol și țesături.

Nodurile de la capătul celor trei brațe radiale ale schemei REI ce rezultă corespund deci, fiecare, uneia din aceste mărfuri. Valoarea totală a mărfii primite, notată mai jos cu X, este reprezentată de nodul central și are expresia

$$X = (a_m^r + a_m^b)X_m + (a_p^r + a_p^b)X_p + (a_t^r + a_t^b)X_t, \qquad (3)$$

Scanned with OKEN Scanner

în care X_m, X_p și X_t sînt cantităţile livrate din cele trei mărfuri și corespund nodurilor de frontieră de la capătul celor trei ramuri radiale ale schemei REI (fig. 8), iar transmitanţele reprezentate de cele trei laturi corespund coeficienţilor $(a^r_m + a^b_m)$, $(a^r_p + a^b_p)$ și $(a^r_t + a^b_t)$ care sînt preţurile unitare plătite pentru fiecare marfă de spaţiul B, spaţiului A, prevăzute în contractul de livrare. Aceste preţuri unitare (a_m, a_p, a_t) au fost despărţite în doi termeni, unul notat cu r (reproducere), reprezentînd preţul în spaţiul A al mărfii respective, iar al doilea, notat cu b, reprezentînd beneficiul ce se obţine conform preţului unitar fixat în contract.

Imaginea nodală este arătată în figura 9, unde s-a prezentat una din variantele posibile pentru o asemenea imagine cu două axe: axa absciselor reprezintă suma realizată din componentele r ale preţului de vînzare, iar cea a ordonatelor din componentele b. Suma

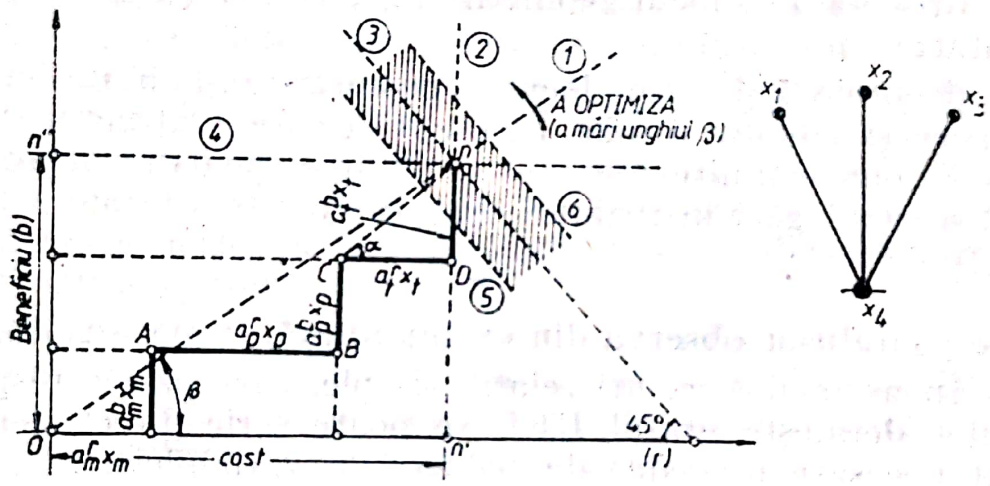


Fig. 9. — Imaginea nodală a tranzacţiei : On' — costul total al mărfurilor, $n'n$ — valoarea totală a beneficiului obţinut ; componenta fiecărei mărfi în costul contractului rezultă pe abscisa On' (de exemplu, CD este beneficiul adus de marfa t).

tuturor laturilor din figură (On) reprezintă variabila X, adică valoarea totală realizată. Se pot „vizualiza" pe această figură următoarele elemente sugestive :

— *Importanţa fiecărei mărfi în parte*, în valoarea totală a contractului.

— *Conţinutul în preţ de cost* și în beneficiu a fiecăreia dintre mărfurile livrate (importanţa componentelor paralele cu ordonata și a celor paralele cu abscisa).

— *Unghiul β, pe figură, sugerează avantajul tranzacţiei.* El este zero în cazul unui beneficiu nul și este cu atît mai mare cu cît benefi-

ciul crește, atunci cînd variază cantitățile sau prețurile mărfurilor ce intră în tranzacție.

— *Unghiul α pentru fiecare marfă sugerează poziția relativă* a mărfii respective față de beneficiul realizat. Dacă unghiul α pentru una din mărfuri e mai mic decît β, prezintă interes a se livra cît mai puțin din acea marfă în cadrul tranzacției.

Rezultă o serie de locuri geometrice simple ale punctului *n* al rezultantei, care alcătuiesc interesante elemente de sugestie, ca de exemplu (vezi pe figură) :

— dreapta *1* — este locul geometric al livrării totale cu același beneficiu relativ ;

— dreapta *2* — locul geometric al livrărilor cu un același preț ;

— dreapta *3* — locul geometric al lucrărilor cu un același preț total al întregii tranzacții ;

— dreapta *4* — locul geometric al livrărilor cu un același beneficiu total ;

— dreptele *5* și *6* sînt locurile geometrice ale livrărilor, respectînd o aceeași valoare totală. În cazul în care contractul trebuie să respecte anumite limite maxime și minime, pentru valoarea totală punctul *n* se va găsi în regiunea hașurată.

★

Se poate ușor observa din exemplul arătat mai sus că :

— În asemenea cazuri relativ simple, care prin corespondența termenilor definește graful REI, se poate scrie direct ecuația (3) (nu sînt necesare procedee de reducere a variabilelor).

— Imaginea nodală se va întocmi pentru un anumit regim de referință și va fi tipul prezentînd convenință maximă în problema cercetată (elementele corespunzătoare beneficiului au fost separate în reprezentarea nodului central al grafului și în stabilirea parametrilor).

— Elementele sugestive rezultă, pe de o parte, din trasarea locurilor geometrice de pe imaginea nodală pentru anumite condiții impuse, iar pe de altă parte, din anumite aspecte specifice unei anumite stări căutate (de exemplu optimizarea tranzacției înseamnă a căuta stările cu unghiuri α și β cît mai mari și a respecta unele restricții determinate de locurile geometrice).

Un alt exemplu interesant de cercetare în domeniul economic, prin aplicarea celor două concepte figurative în domenii neliniare și neliniarizabile în total, este studiul întocmit de Ecaterina Arie cu privire la problema optimizării sistemelor electrice. În lucrarea

Scanned with OKEN Scanner

[28] se utilizează graful de tip REI pentru a analiza „structura" modelului matematic și ordonarea procedeului de calcul, iar imaginea nodală pentru a „vizualiza" rapoartele cantitative dintre mărimi și a desprinde în mod simplu „sensibilitatea" soluției în raport cu anumiți parametri sau mărimi de stare ale sistemului studiat. Se stabilește o serie de variabile duale și se întocmesc imagini nodale atît pentru variabilele primare, cît și pentru cele duale, stabilind elemente de sugestie prin vizualizare pentru natura instalațiilor care ar asigura optimizarea, pentru încărcările lor, pentru consumurile optimale de combustibil și pentru anumite relații interesante rezultînd din prețurile instalațiilor.

★

15.5. *În cele două exemple economice*, arătate aici, conceptul de „sistem" este de altă natură decît cel ce intervine în cazul sistemelor electrice sau mecanice . Se poate considera nod oricare dintre obiectele (fizice sau nu) sistemului, conform definiției date mai sus. În schema structurii standardizate de tip REI va figura ca nod central obiectul cercetat în studiul respectiv. Astfel, schema REI în cazul cel mai general *fixează structura care pune în evidență dependența reală* dintre obiectul studiat și obiecte conținute în sistem, selecționînd, evident, pe acelea ce au importanță reală în determinarea stării sistemului sau obiectului studiat.

Odată stabilite „transmitanțele" (laturile grafului REI) se pot întocmi imaginile nodale cu conținutul cel mai expresiv pentru punerea în evidență a elementelor esențiale ale domeniului cercetat și eventuala mobilizare a sugestiei și intuiției.

În cazurile de aplicare a sistemelor fără conținut fizic, noțiunea de nod corespunde obiectelor definite în sensul cel mai larg, cum sînt, de exemplu, noțiunile în legătură cu prețul anumitor produse, cu costul unei mărfi, cu beneficiul, cu un indice economic ce trebuie optimizat etc.

Această structură radială (REI) elementară corespunde procesului de reprezentare cel mai simplu în punerea problemelor de analiză.

Nodul central rămîne obiectul analizei, iar nodurile de la frontiera schemei rămîn obiectele din sistemul studiat care prezintă o interdependență sau interacțiune cu obiectul studiat. Asemenea structuri simple se regăsesc și în natură. Însuși sistemul nervos al omului și al animalelor, cu toată marea lui complexitate, poate fi reprezentat în mod simplu într-o primă abordare a cercetătorului ca

Scanned with OKEN Scanner

o circulație de semnale în rețeaua neuronală cu grafuri radiale, în care decizia e luată din semnalele primite ca o rezultantă a acestora (fig. 10) [29]. Nodul central din figura 10 primește semnale de la

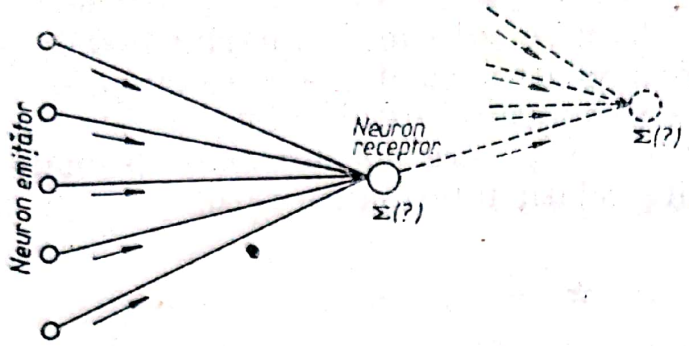


Fig. 10. — Rețea neuronală pentru o primă abordare a domeniului.

nodurile de frontieră (tot neuroni) așezate la capul legăturilor radiale. Rezultanta acestor semnale decide starea neuronului central. La depășirea unui anumit prag, pentru suma semnalelor în nodul central, neuronul își schimbă starea.

Dar și mai interesant de observat este faptul că formarea rezultantei în nodul central, notată în figură prin semnul însumării, își găsește într-un fel corespondență cu al doilea concept figurativ al imaginii nodale. Într-adevăr, în imaginea nodală însumarea fazorilor determină rezultanta ce definește starea nodului central.

Aceste corespondențe în reprezentări geometrice cu cel mai perfect sistem informațional, acela al *rețelei neuronale*, sînt un puternic argument pentru posibilitățile celor două concepte (vezi și fig. 12.4 a organigramei sistemului cibernetic al neuronului central din interesanta lucrare [29]).

Competența noastră în acest important domeniu ne împiedică să adăugăm ceva la sugestiile simple de mai sus, în care vedem numai o primă posibilitate de abordare a problemei, fără altă pretenție. În cazul complex al sistemului nervos cred că este preferabil să se considere cazul mai general al grafurilor de tipul grafurilor de fluență cu multiple posibilități de reprezentări geometrice de mare elasticitate, grafuri cu care „grafurile REI" sînt numai înrudite. De aceea vom face o incursiune, în primul rînd, în grafurile de fluență, subliniind părțile ce ni se par interesante pentru apropieri ergonomice.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A TREIA

Grafuri și rețele cu geometrii reprezentative

Modelul rețea menționat în titlul acestei lucrări are un caracter cu totul general. În el sînt cuprinse toate modelele ce pot fi figurate prin noduri și ramuri de legătură. Pornind de la modele imitative simple (vezi paragraful 14) ca rețele de drumuri, căi ferate, hărți etc., se poate afirma că există o mare diversitate pentru modelul de tip rețea ca topologie, diagramă sau desene schematice. Model care poate fi utilizat în gîndirea abstractă pe care uneori o „umanizează".

Este necesar să fie clar ce numim „transmitanță" în special în ceea ce privește graful REI. Transmitanțele monodirecționale și bidirecționale poartă în acest din urmă caz săgeți de direcție pe desen. În cazul „schemelor" REI natura „transmitanței" este întotdeauna o impedanță pentru orice tip de configurație și nu este nevoie de notații în plus.

Grafurile de fluență sînt la rîndul lor modele rețea în soluționarea unor sisteme liniare sau liniarizabile. Ele permit o suplețe deosebită *a modelului care poate fi constituit cu topologia corespunzătoare cercetării întreprinse și conduce la rezolvări intuitive adaptate elementelor esențiale ale cercetării.*

Orice nod poate fi legat în reprezentarea grafică la oricare alt nod, obținînd astfel direct interdependența dintre ele. Ele au fost utilizate în ingineria electrică, dar posibilitățile lor depășesc mult acest domeniu.

Scanned with OKEN Scanner

16. Incursiuni în teoria grafurilor de fluență

16.1. Pentru o *înțelegere mai ușoară* a modului cum trebuie înțelese grafurile de fluență *) [65] în reprezentarea sugestivă a unor sisteme pe cale geometrică ne vom referi deocamdată la prezentări simple, conform căii de interpretare a grafurilor de fluență ca o rețea organizată în scopul transmiterii unor semnale [31, 33];

— *Semnalele parcurg ramurile grafurilor* care sînt ramuri dirijate, interconectate, în noduri. Nodurile sînt variabilele sistemului iar coeficienții ramurilor sînt „transmitanțe", numite așa deoarece sînt asociate transmisiei semnalului care le parcurge. Ele pot fi socotite și ca relațiile funcționale dintre variabile;

— *Transmitanța* **) unui parcurs este produsul transmitanțelor ramurilor traversate.

— *Un parcurs închis* care pleacă și ajunge la același nod formează o *buclă* dacă nu traversează mai mult de o dată același nod.

— *Nodurile către care nu ajunge nici o ramură* se numesc *surse* și reprezintă variabilele independente ale sistemului.

— *Nodurile care n-au decît ramuri convergente* se numesc *puțuri*.

— *Nodurile interne* de legătură între ramuri, ce apar în graf, pot fi oarecare dar prin rolul lor pot fi numite *contributive* dacă au o singură ramură emergentă și mai multe convergente și *distributive* în caz contrar.

★

Reproducem aspecte ale tehnicii particulare a grafurilor de fluență ce ni se par importante în special în obținerea unor geometrii reprezentative pentru vizualizarea sugestivă a stărilor sistemelor liniare (după [19]).

16.2. *Graful de fluență conține aceleași informații ca sistemul de ecuații pe care îl reprezintă* dar nu există o corespondență *biunivocă* între graf și ordinea în care utilizăm ecuațiile. După cum scriem ecuațiile, obținem pentru aceleași valori ale variabilelor grafuri diferite avînd deci libertatea de a alege geometria cea mai reprezentativă pentru sistemul cercetat.

---

*) I.S. Antoniu adoptă denumirea „grafurile de transfer" pentru ceea ce noi numim grafuri de fluență, care ni s-au părut mai adaptate la intențiile noastre. În [36] cei interesați vor găsi informații clare, în special utile, pentru cazul grafurilor rețelelor electrice (vezi capitolul 6).

**) În această lucrare vom utiliza termenul transmitanțe într-un sens cu totul general, definind legătura dintre două noduri.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel, „izolarea" variabilelor în membrul întîi al ecuațiilor liniare are o importanță deosebită pentru reprezentarea sistemului. Graful obținut este schimbat atît ca topologie cît și ca valori ale transmitanțelor, după ordinea de utilizare a ecuațiilor și izolarea necunoscutelor. În ecuațiile de mai jos în care x sînt necunoscutele și a coeficienți constanți (reprezentînd transmitanțe):

$$\begin{aligned} x_1 &= a_{11}x_1 + a_{12}x_2 + \ldots + a_{1n}x_n \\ x_2 &= a_{21}x_1 + a_{22}x_2 + \ldots + a_{2n}x_n \\ &\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_n &= a_{n1}x_1 + a_{n2}x_2 + \ldots + a_{nn}x_n, \end{aligned} \tag{4}$$

— Putem „izola" oricare din variabile în oricare din cele n ecuații ce definesc sistemul în care am izolat, mai sus, succesiv variabilele x_1 către x_n.

— Pentru fiecare din alternativele de izolare vor rezulta în ecuația i, în care s-a schimbat variabila izolată, alte transmitanțe a_{ij} ale laturilor ce leagă variabilele între ele — transmitanțele de tipul a_{ii} sau a_{jj} vor corespunde unor bucle în nodul i, respectiv în nodul j. Topologia grafurilor rezultă și ea schimbată.

— Astfel putem înmulți constantele a_{ij}, din ecuația unu, cu $1/a_{12}$, apoi trecem variabila x_2 în membrul întîi și termenul x_1/a_{12} în membrul doi; am izolat astfel variabila x_2. Același procedeu îl putem aplica în oricare din ecuațiile de mai sus.

★

Pentru o ușoară asimilare a tehnicii de formare a variatelor grafuri posibile vom exemplifica cîteva transformări foarte simple.

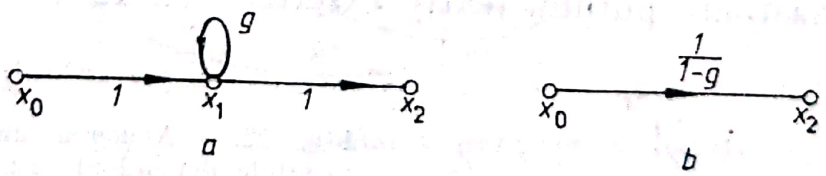


Fig. 11. — Reducerea unei bucle elementare (a); bucla în nodul x_1 (b). Integrarea buclei în parcursul $x_0 - x_2$ cu transmitanța rezultată.

16.3. *Suplețea grafurilor de fluență în reprezentarea geometrică*

a) În figura 11 se vede *bucla elementară* (fig. 11 *a*) ce pleacă și ajunge la nodul x_1, iar în figura 11 *b* parcursul deschis după redu-

cerea buclei. Transmitanţele rezultate în cele două figuri corespund ecuaţiilor ce au fost reprezentate şi anume:

$$x_1 = x_0 + gx_1, \quad x_2 = x_1, \tag{5}$$

unde x_0 este variabila independentă.

Sistemul de ecuaţii (5) corespunde grafului *a* din figura 11. Considerînd aceleaşi relaţii, şi ţinînd seama de ecuaţia a doua din relaţiile (5), parcursul dintre variabila independentă şi variabila x_2 poate fi reprezentat cu o singură ramură care a integrat bucla elementară a nodului x_1. Transmitanţa ei apare şi în transmitanţa ramurii $x_0 - x_2$ (vezi figura), cu semnul corespunzător direcţiei indicată pe buclă. Se vede simplu că prin simpla examinare a grafului *a* se putea trasa graful *b*, operaţia algebrică fiind executată astfel grafic. Am ales acest prim exemplu simplu cu o singură transmitanţă diferită de 1 pentru a fixa de la început supleţea transformărilor grafice. Expresia grafului rezultat prin algebra grafică s-ar fi scris direct algebric prin

$$x_2 = \frac{1}{1-g} x_0, \tag{6}$$

expresie care în algebra grafică rezultă din examinarea primului graf în care apar direcţia săgeţilor şi valoarea transmitanţelor corespunzătoare.

b) *Puţurile* apar ca ieşiri ale „semnalului" din graf, ieşiri care de multe ori este necesar să fie figurate explicit, grafic, atunci cînd alegem o variabilă dependentă oarecare ca ieşire. În acest caz se adaugă o ramură punctată în nodul respectiv cu admitanţa 1 şi direcţia corespunzătoare puţului (către exterior (fig. 12)).

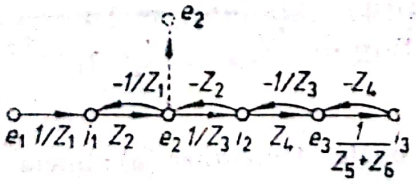


Fig. 12. — Alegerea unei variabile dependente oarecare ca „ieşire" din graf.

c) *Punerea grafic în evidenţă* a dependenţei între anumite variabile poate fi făcută şi fără reducerea grafului, beneficiind de natura suplă a reprezentării în diverse soluţii topologice.

Scanned with OKEN Scanner

Să examinăm un exemplu simplu în care dorim să găsim dependența dintre un nod reprezentînd o variabilă independentă și unul reprezentînd o variabilă dependentă.

Să considerăm sistemul de ecuații:

$$x_2 = ax_1 + bx_3, \tag{7}$$

$$x_3 = x_0 + ex_1 + dx_2. \tag{8}$$

Scrierea sub forma de mai sus conduce la formarea a două subgrafuri (a) și (b) din figura 13, cîte unul pentru fiecare din ecuațiile de mai sus, apoi la graful rezultant (c) al sistemului. Dacă rescriem ecuațiile (7) și (8), izolînd pe x_3 în ecuația (7) și pe x_2 în ecuația

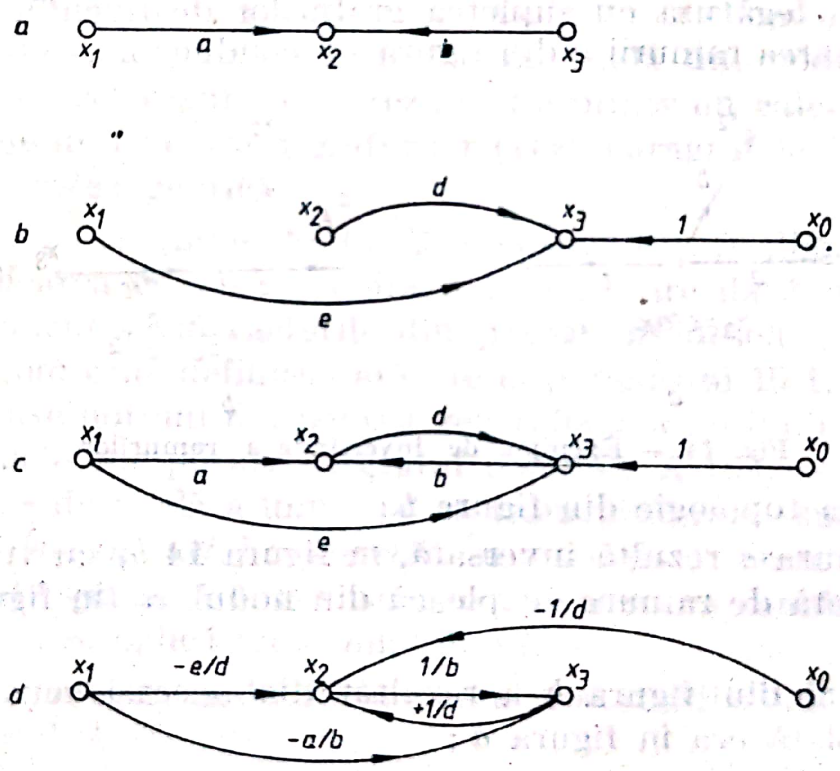


Fig. 13. — Elasticitatea grafurilor de fluență.

(8), obținem graful rezultant (d) cu o altă topologie, care conține, însă, aceeași informație ca și graful (c) cu *valoarea transmitanțelor* diferită. În graful rezultat (d) există legătura directă $x_0 - x_2$, ramură ce pleacă de la sursă cu transmitanța $-1/d$ și care arată simplu

dependența variabilei independente x_2 de sursa x_0 de unde pleacă semnalul.

d) *Inversiunea ramurilor* este alt element ce contribuie la „supleţea" grafului reprezentativ al unui sistem de ecuații liniare. Prin inversiune se înțelege schimbarea direcției anumitor ramuri. Se modifică astfel topologia și se stabilește pentru „vizualizare" o anumită relație dorită. Direcția ramurii ce se va inversa nu corespundea semnificației pentru variabila de la extremitatea ramurii implicate.

Asemenea transformări topologice se efectuează tot prin schimbări ale variabilelor ce au fost izolate în graful inițial. Pentru aceasta vom pleca de la altă ecuație decît cea utilizată inițial pentru definirea variabilei de la extremitatea ramurii ce vom inversa. Această variabilă va fi izolată într-un membru al ecuației, divizînd și cei doi coeficienți. Dăm un exemplu foarte simplu în figura 14, reprodus tot după [19], lucrare în care cei interesați vor găsi numeroase exemple și informații în legătură cu supleţea grafurilor de fluență. În această figură inversarea ramurii a din figura 14 conduce la:

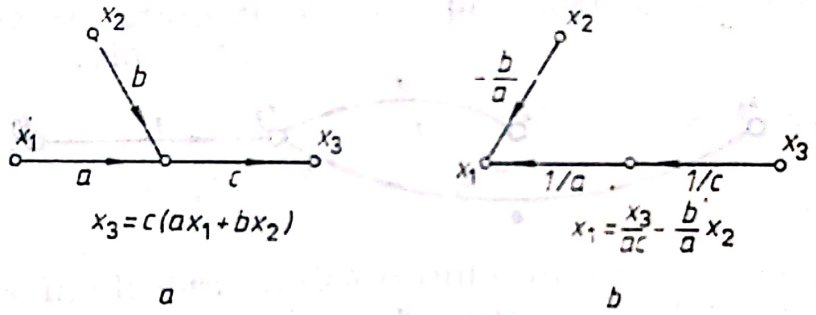


Fig. 14. — Exemplu de inversiune a ramurilor.

— noua topologie din figura b;

— ramura a rezultă inversată, în figura 14 b, cu transmitanță $1/a$, continuată de ramura ce pleacă din nodul x_3 (în figura a sosea la x_3);

— graful din figura b a rezultat din aceeași ecuație în care variabila izolată era în figura a:

$$x_3 = c(ax_1 + bx_2), \tag{9}$$

iar în figura b

$$x_1 = \frac{x_3}{ac} - \frac{b}{a}x_2. \tag{10}$$

★

Scanned with OKEN Scanner

Paragraful 16.3 prezintă variatele posibilităţi de reprezentare şi transformare a imaginii geometrice reprezentative prin grafuri de fluenţă, a unui aceluiaşi sistem, care ne apar ca mijloace eficiente simple pentru poziţia „ergonomică", aşa cum este înţeleasă de noi în acest volum.

16.4. *Reprezentarea „feedbackului" în geometria grafurilor de fluenţă.* Să revenim la *bucla elementară* din figura 11 de care ne-am ocupat la paragraful 16.3. Efectul acestei bucle poate fi considerat şi ca o reacţie a nodului x_1, atunci cînd semnalul parcurge, conform săgeţilor din figura 11 *a*, drumul de la x_0 la x_2. Dacă acest drum este scopul cercetării, atunci parcursul din figura 11 *b* este cel mai simplu drum, care corespunde grafic aceloraşi ecuaţii algebrice şi conţine numai ramura cu direcţia $x_0 \to x_2$. Astfel în transmitanţa ei „reacţiunea ramurii circulare" ce formează bucla din nodul x_1 dispare din reprezentare. Figura 11 *b* rezultă fie printr-un calcul grafic aplicînd regulile de formare a grafurilor (vezi paragrafele 16.1 şi 16.2 şi [19]), fie pe cale algebrică.

Această reacţiune de buclă corespunde „feedbackului". Dar pentru aplicarea ei este necesară o generalizare dacă bucla nu este o buclă elementară în nodurile din parcursuri deschise ca în figura 11 şi este conformă definiţiei arătate la paragraful 16.1. De aceea au fost introduse noţiuni noi pentru generalizarea noţiunii şi la circuite formînd bucle complicate în graful rezultat. Astfel, se poate defini *transmisiune* de buclă a unui *nod* ca transmisia între sursă şi un puţ creat, *dacă blocăm nodul considerat.* În analogia cu transmisia semnalelor se poate spune că într-o asemenea dispoziţie semnalul se întoarce la nod dacă i se aplică un semnal unitar.

Astfel transmisia de buclă a unui nod (feedbackul) se defineşte pentru nodul k

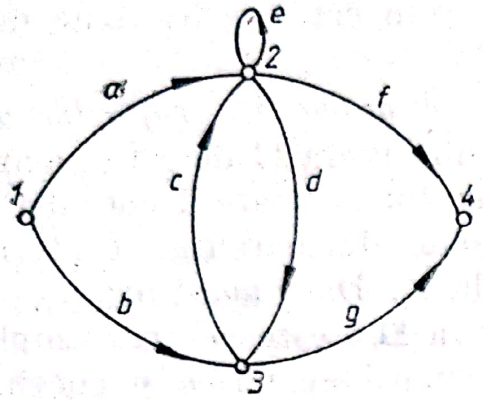
$$F_k = 1 - T_k, \tag{11}$$

unde F_k este feedbackul nodului k iar T_k transmisia de buclă a nodului considerat.

Transmisia *de buclă a unei ramuri* se defineşte ca transmisia de buclă a unui nod suplimentar aşezat în ramura respectivă. Se introduce deci un nod suplimentar şi se înlocuieşte ramura respectivă cu două ramuri înseriate din care una are transmitanţa unu.

Scanned with OKEN Scanner

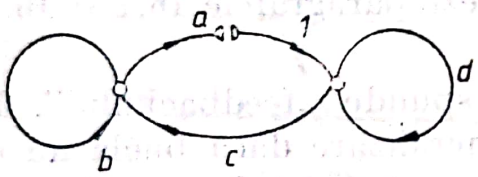
În figura 15 se distinge *reacțiunea ramurii* definită în raport cu transmisia de buclă a ramurii conform ecuației (11), reacțiune raportată la nodul 3.



$F_3 = 1 - \frac{cd}{1-e}$

Fig. 15. — Reacțiunea ramurii raportată la nodul 3 (relația (11)).

În figura 16 se observă *transmisiunea de buclă* raportată la ramura *a* indicată:



$T_a = \frac{ca}{(1-b)(1-d)}$

Fig. 16. — Transmisia de buclă raportată la ramura *a* din figura 15.

— în figura 15

$$F_3 = 1 - \frac{cd}{1-e}; \tag{12}$$

— în figura 16

$$T_a = \frac{ca}{(1-b)(1-d)}. \tag{13}$$

Am reamintit, sub forma cea mai simplă, reprezentarea „feed-backului" în care *bucla* este un element esențial, care are avantajul să constituie o reprezentare sugestivă a unui fenomen integrat în numeroase discipline ale științei moderne.

★

În paragrafele precedente s-au rezumat foarte succint trăsături principale ale „algebrei grafice". Pentru o înțelegere mai completă e necesar să se parcurgă lucrări valoroase care au contribuit la formarea domeniului și ar permite acum anumite generalizări în legă-

Scanned with OKEN Scanner

tură cu „vizualizarea ergonomică" de care ne ocupăm noi. În orice caz, o serie de concepte importante au fost reamintite aici: „cîștigul de buclă", detalii în legătură cu reacțiunea, sensibilitatea, stabilitatea etc. (vezi paragraful 19). Vom adăuga însă cîteva informații în legătură cu graful rezidual, și aplicații propuse pentru rețelele electrice, în care transmitanțele sînt impedanțe, iar variabilele dependente și independente, nodurile, pentru a pune în evidență diferențele esențiale dintre conceptele REI și conceptele grafurilor de fluență (semnal), diferențe importante atunci cînd se trece la generalizări și extinderi la alte domenii.

16.5. *Graful rezidual.* Scopul reducerii grafului este găsirea unui *graf rezidual* care să prezinte numai variabilele interesante cu *interdependența* dintre ele. Rezultatul poate fi astfel considerat ca aplicabil cu un mare grad de generalitate oricărui sistem în care sînt posibile asemenea formalizări.

★

Grafurile reduse cele mai sugestive, inspirate de structura caracteristică rețelelor electrice, sînt cele radiale și cele duale poligonale (sau în buclă), grafuri denumite de noi REI și care conduc în analiza rețelelor electrice la posibilități deosebite. În general aceste două structuri pot fi interesante și în alte domenii, după cum am arătat în paragrafele 12—15 prin exemple simple. Graful rezidual poate apărea în unele sisteme radiale sau poligonale, conținînd indicații sugestive pentru analiza procesului studiat într-un domeniu sau altul.

Să ne ocupăm mai întîi de structura radială, în soluția directă dată de Mason [34]. Soluția evită transformări grafice laborioase în găsirea grafului final.

Se propune o formulă generală pentru determinarea *transmitanței generalizate* între o sursă și un nod oarecare al grafului. Pentru o variabilă dependentă x_j rezultă, conform regulii lui Mason, cu sursa x_0 ([34] paragraful 1.7)

$$x_j = x_0 \frac{\sum_k G_k D_k}{D}. \qquad (14)$$

Dacă graful are mai multe surse, *se aplică suprapunerea efectelor* (graf liniar).

Scanned with OKEN Scanner

D este determinantul grafului, adică al sistemului de ecuații și se obține din relația

$$D = 1 - \sum P_{m1} + \sum P_{m2} - \sum P_{m3} + \dots \qquad (15)$$

în care G_k este transmitanța parcursului k (deschis) al nodului x_0 la nodul x_j; P_{mm} — produsul transmitanțelor combinației m a n bucle care nu se ating; D_k — determinantul porțiunii grafului care nu atinge parcursul k deschis ([19] p. 36).

Relația (14) este în special interesantă atunci cînd sistemul este foarte complicat, alcătuit dintr-un singur puț și care are un număr mare de surse care se suprapun în „puțul" unic (vezi rețele REI cu un singur nod de sarcină [15]). Geometria va respecta în cazul acesta structura REI a primului concept figurativ al Analizei Nodale (figurile 1, 7, 8 etc.).

Avantajul soluției lui Mason este că procedeul de calcul poate fi făcut direct de calculatorul electronic și graful radial reprodus direct pe ecran, pentru vizualizare. Dacă s-ar proceda la algebra grafică, desenele succesive pot fi ades laborioase și greu de urmărit. Pentru formalizări matematice atît în probleme de grafuri reziduale cît și în problemele de feedback, cei interesați pot găsi informații utile în [33]. Totuși trebuie semnalate unele posibilități noi deschise de tehnica *„creionului luminos"*, pentru calculul grafic direct executat de operatorul ce stă în fața calculatorului urmărind evoluția reducerii care poate fi interesantă în unele cazuri speciale, pînă se ajunge la graful rezidual final. Pentru diviziunea muncii între calculator și om să reluăm exemplele simple din figurile 11, 12, 13, 14. Fiecare din aceste exemple pot fi considerate ca un caz în care omul urmărește vizualizarea transformărilor necesare ca să ajungă pe parcurs la diverse grafice ce-i procură o informație utilă.

16.6. *Drumul pînă la graful final rezidual* se poate urmări astfel:

a) *În figura 11*:

— Calculatorul afișează figura *a* care reproduce ecuațiile (4).

— Operatorul șterge bucla, cu creionul luminos.

— Calculatorul afișează noul graf *b* cu o singură literă între x_0 și x_2 și valoarea corespunzătoare (alfa-numeric) a transmitanței în care s-a integrat bucla cu transmitanța g.

S-a operat reducerea unui nod (x_1) și a unei bucle.

b) *În figura 12*:

— Calculatorul afișează atît schema din *a* în care figurează curenți și tensiuni cît și graful corespunzător din *b*.

Scanned with OKEN Scanner

— Operatorul dorește să introducă o ieșire de la variabila dependentă e_2 și notează punctat ieșirea cu creionul luminos.

— Calculatorul o adaugă cu transmitanța *1* care nu schimbă restul grafului.

c) *În figura 13*:

— Operatorul a comunicat calculatorului ecuațiile (7) și (8) inclusiv valorile numerice ale transmitanțelor.

— Calculatorul afișează atît subgrafurile (fig. 13 *a* și *b*) corespunzătoare fiecărei din cele două ecuații cît și graful final (fig. 13 *c*) cu valorile ce rezultă pentru fiecare transmitanță indicate alfa-numeric (de exemplu : $a = 23$, $b = \ldots$ etc.).

— Operatorul dorește să obțină o singură latură între x_0 (sursă) și x_2 pentru a aprecia clar și simplu efectul variabilei independente x_0 asupra variabilei dependente x_2. O trasează punctat pe ecran.

Calculatorul transformă ecuațiile schimbînd izolarea variabilelor în ecuațiile (7) și (8) și afișează noul graf (fig. 13 *d*) în care sînt indicate noile valori ale transmitanțelor cu litere și cifre.

d) *În figura 14*:

— Calculatorul afișează graful ce rezultă pentru o ecuație cu trei variabile în care s-a izolat variabila x_3.

— Operatorul dorește să inverseze direcția laturii a ce pleacă de la x_1. Indică aceasta cu creionul luminos.

— Calculatorul afișează noul graf cu ramura a inversată și noua expresie în care de rîndul acesta apare variabila izolată x_1. Primul graf corespundea ecuației

$$x_3 = c(ax_1 + bx_2), \tag{16}$$

al doilea graf cu latura a inversată corespunde aceleiași ecuații scrisă după cum urmează

$$x_1 = \frac{x_3}{ac} - \frac{b}{a}x_2 \tag{17}$$

★

În exemplele foarte simple de mai sus s-au expus probleme elementare pentru o bună înțelegere a diviziunii muncii fără ca algebra grafică să fie făcută de operator, care indică numai necesitățile sale. Se poate afirma însă că sînt posibile asemenea analize prin vizualizare și în probleme complicate, dificultatea putînd rezulta cîteodată

Scanned with OKEN Scanner

din întocmirea programelor calculatorului. Calculatorul trebuie să înțeleagă intenția operatorului înarmat cu „creion luminos" pentru executarea unui desen clar, corespunzător.

17. Graf de fluență N și M în studiul rețelelor electrice — posibilități de vizualizare

17.1. *Rețelele electrice au fost integrate* și ele de cercetătorii grafurilor de fluență în algebra numerică. Astfel, s-a utilizat caracterul „univoc" al grafului de fluență rezultînd din felul cum sînt ordonate ecuațiile și cum alegem variabilele izolate (vezi paragrafele 16.2, 16.3 etc.) în aceste ecuații, obținîndu-se geometrii diferite cu toate că ecuațiile utilizate sînt în realitate aceleași și conțin aceleași informații. Această mare calitate de reprezentare este mai puțin fertilă în cazul special al rețelelor electroenergetice.

O adaptare la condițiile rețelelor electrice [19] a condus la definirea a două categorii noi de grafuri numite de tip N și de tip M. În grafurile N se definesc tensiunile ca variabile, aplicate rețelei de impedanțe între un nod și un nod de referință. Grafurile M rezultă dacă nodurile grafului sînt reprezentate de curenți de buclă. Ne vom ocupa în special de primele, utilizînd ecuațiile nodale cunoscute ce au matricea admitanțelor prezentă generalizat în metoda REI

$$[i] = [y] \cdot [e]. \tag{18}$$

Pentru o înțelegere ușoară să reluăm exemplul prezentat în lucrarea [19] care este una din primele lucrări care sugerează extinderea grafurilor de fluență dincolo de circulația semnalelor (Introducerea din [19]).

În figura 17 *a* este reprodusă o rețea cu topologia radială în jurul nodului *1* pentru care scriem ecuațiile (18). În procedeele bine-cunoscute de rezolvare a ecuațiilor nodale cu matricea $[y]$, eliminarea variabilelor pentru rezolvarea sistemului, variabilele $[e]$ ce alcătuiesc o matrice coloană, sînt pe rînd eliminate prin relația (scrisă aici pentru variabilele e_1 cu notațiile din [19])

$$e_1 = \frac{i_1}{y_{11}} + \frac{y_{12}e_2}{y_{11}} + \frac{y_{13}e_3}{y_{11}} + \frac{y_{14}e_4}{y_{11}}. \tag{19}$$

Scanned with OKEN Scanner

Sub această formă vor fi scrise toate ecuațiile, astfel încît numărul variabilele (tensiune) izolate din primul membru în număr egal cu numărul total al nodurilor minus unu corespund nodului. Ecuația matriceală (18) rezultă sub forma utilizată, potrivită grafurilor de fluență [19] (paragraful 3)

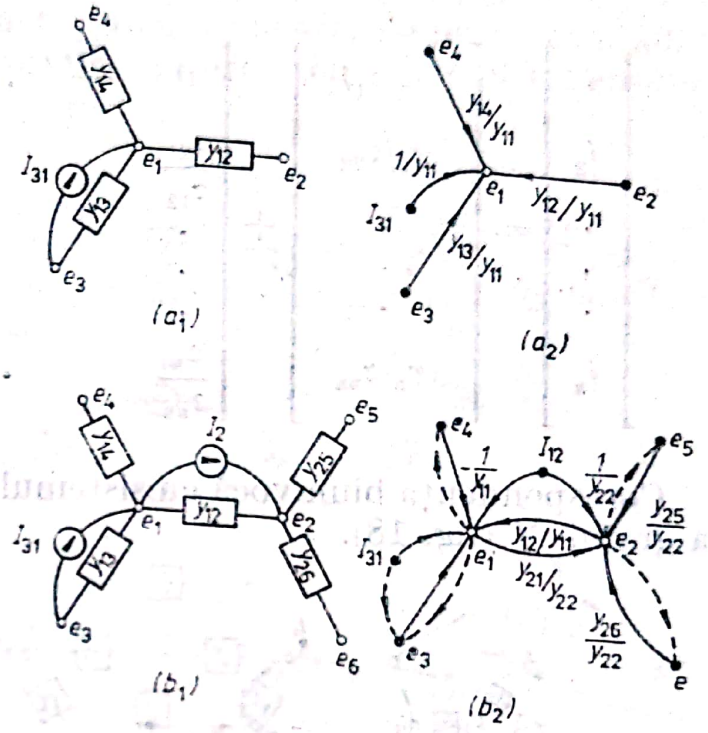


Fig. 17. — Grafuri normalizate de tip *N*.

$$\begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} i_1/y_{11} \\ i_2/y_{22} \\ \vdots \\ i_n/y_{nn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{y_{12}}{y_{11}} & \dots & \frac{y_{1n}}{y_{11}} \\ \frac{y_{21}}{y_{22}} & 0 & \dots & \dots \\ \vdots & & & \\ \frac{y_{n1}}{y_{nn}} & & \dots & 0 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} e_1 \\ e_2 \\ \vdots \\ e_n \end{bmatrix} \cdot \tag{20}$$

17.2. *Graful N normalizat* este graful reprezentat de ecuațiile (20), în care la numitor se află așa-numitul *factor de normalizare*. El este prezentat în figura 17 a_2, în care admitanțele sînt împărțite cu factorul de normalizare respectiv, y_{11} în cazul figurii 17 a_2, formînd transmitanțele nodale ale ramurilor care converg la nodul *1*.

De rîndul acesta, graful capătă *o corespondență biunivocă cu ecuațiile în care variabilele sînt definite*. Astfel, nodurile corespund

nodurilor rețelelor, exceptînd nodul de referință. Drept surse pot exista și curenții aplicați între oricare din perechile de noduri, așa cum se vede pe figura 17.

Sub o formă duală se pot scrie și ecuațiile pentru bucle, ajungîndu-se la graful M normalizat, considerînd impedanțele (z) în locul admitanțelor, (y) conform ecuației matriceale

$$\begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ i_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} v_1/z_{11} \\ v_2/z_{22} \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ v_n/z_{nn} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 & \frac{z_{12}}{z_{11}} & \cdots & \cdots & \frac{z_{1n}}{z_{11}} \\ \frac{z_{21}}{z_{12}} & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \cdot & & & & \\ \frac{z_{n1}}{z_{nn}} & \cdots & \cdots & 0 & \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} i_1 \\ i_2 \\ \cdot \\ \cdot \\ \cdot \\ i_n \end{bmatrix} \quad (21)$$

Corespondența biunivocă cu sistemul de ecuații (21) se păstrează și la graful M (fig. 18).

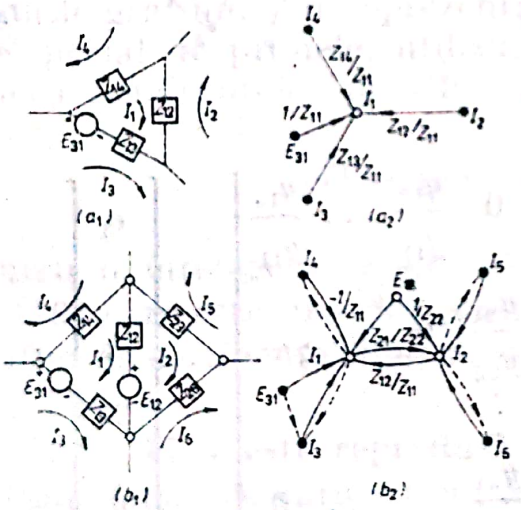


Fig. 18. — Grafuri normalizate de tip M.

În graful M există însă o situație de corespondență duală față de graful N. În acest graf pot exista surse tensiuni în orice buclă, sau surse curenți în conturul exterior (fig. 18).

★

În cele de mai jos ne vom ocupa numai de graful N normalizat care are înrudiri cu grafurile pe care le-am numit REI, pentru a pune

în evidență diferențele de concepte și de reprezentare geometrică a stărilor de echilibru pentru cazul special al rețelelor electrice.

17.3. *Graful N normalizat, determinat și nedeterminat.* Se observă ușor (vezi figura 17) că în loc de a considera graful N ca o suprapunere de subgrafuri ca cel din figura 17 a_2, formînd în final graful din figura 17 b_2, putem considera graful compus din transmitanța cu două ramuri formînd o buclă ca în figura 19 *b*. În ceea ce privește sursele de *curent* alimentînd rețeaua, se poate, de asemenea, adăuga noduri sursă în graf cu transmitanțe egale cu inversul factorului de normalizare (fig. 19 *d*).

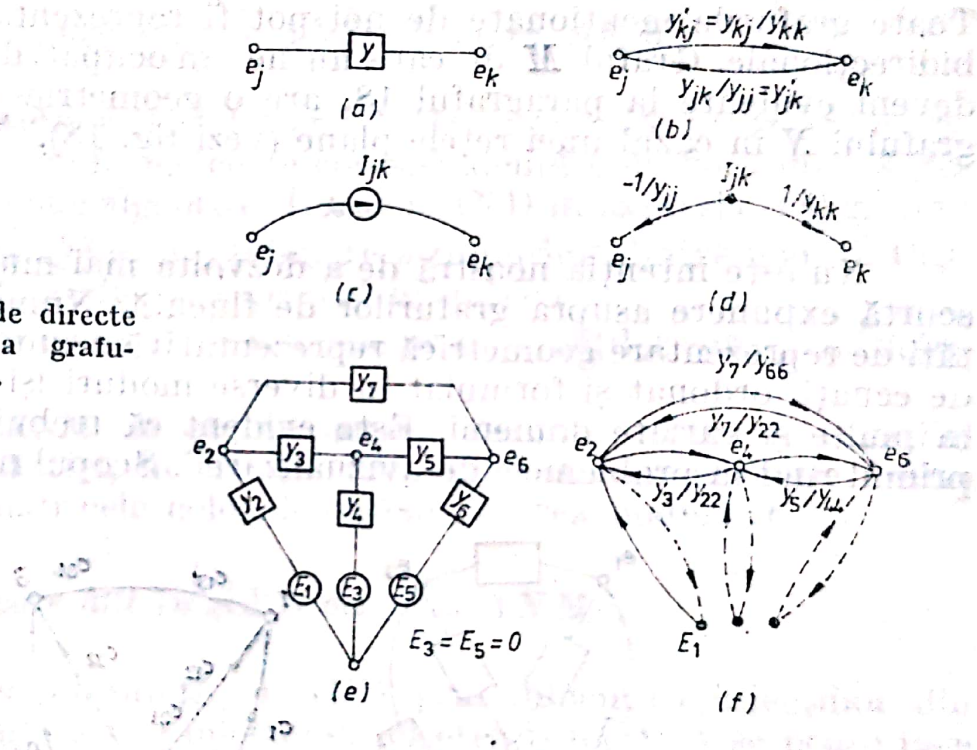


Fig. 19. — Metode directe pentru obținerea grafurilor N.

La graful normalizat determinat *adăugăm un nod suplimentar și bucle cu două ramuri* în așa fel ca suma numărătorilor transmitanțelor să fie egal pentru ramurile convergente și divergente la fiecare nod. Grafului ce rezultă i s-a dat denumirea [19] de nedeterminat.

Dacă nodurile grafului sînt dispuse în poziții corespunzînd poziției din rețeaua electrică reprezentată, iar buclele cu două ramuri considerate, un singur element, atunci obținem o geometrie identică cu cea a rețelei. Această calitate a grafurilor N normalizate *este insuficientă pentru o reprezentare simplă*, deoarece transmitanțele rezultă dintr-un calcul utilizînd admitanțele pentru ramurile grafului care într-o rețea electrică sînt fizic admitanțe cu anumite caracteristici care au direct prin valoarea lor influențe decisive asu-

pra stării rețelei. O altă soluție de reprezentare grafică a fost numită graf bidirecțional.

17.4. *Graful N bidirecțional* este după definiția autorilor o reprezentare topologică a grafului de fluență normalizat. Buclele formate din două ramuri, ca în figura 19 *b*, se înlocuiesc aici cu o singură ramură cu două săgeți de direcție. Ramurile simple ale grafului nu sînt modificate. În graful bidirecțional se va scrie în locul transmitanței, în cazul grafului N, admitanța ramurii respective. Acest procedeu se justifică deoarece componentele așa-numitului factor de normalizare se găsește notat pe figură. El rezultă din însumarea coeficienților asociați ramurilor convergente sau a celor divergente a unui nod al grafului, care formează în acest caz admitanța nodală. Toate grafurile menționate de noi pot fi reprezentate și ca grafuri bidirecționale. Graful M de care nu ne-am ocupat, din motive ce vor deveni evidente la paragraful 18, are o geometrie duală cu cea a grafului N în cazul unei rețele plane (vezi fig. 18).

★

Nu este intenția noastră de a dezvolta mai mult această foarte scurtă expunere asupra grafurilor de fluență. Numeroasele posibilități de reprezentare geometrică reprezentativă a unui aceluiași sistem de ecuații ordonat și formulat în diverse moduri își găsește aplicații în multe și variate domenii. Este evident că trebuie considerate în primul rînd în problemele de „vizualizare". Scopul nostru a fost de a

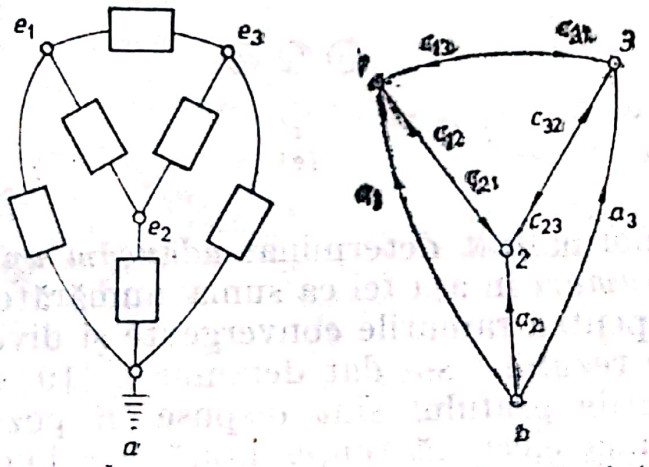


Fig. 20. — Graf bidirecțional cu nod zero și transmitanțe diferite după direcția ramurii.

ajunge la punctul de la care de fapt ajunge și pleacă schema REI, pe o altă cale decît graful N, și care poate fi ușor vizualizată pe figura 20.

18. Apropieri și diferențe între conceptele analizei nodale (REI) și ale algebrei grafice în studiul rețelelor electrice

Vom rezuma aspecte esențiale căutînd apriori și diferențe între analiza nodală propusă de noi (pe care o vom numi cu sigla AND — vezi [15]), și analiza nodală a grafurilor de fluență pe care o vom numi ANM (*analiza nodală* este termenul apărut încă din anii '30 referitor la grafurile de fluență [31, 34, 35]). Am adăugat litera „M" pentru formarea siglei de la Mason, care a fost unul din inițiatorii grafurilor de fluență.

a) *Biunivocitatea atît în AND cît și în ANM*

În cazul rețelelor electrice atît AND cît și ANM utilizează ecuații ce pot fi puse sub forme ce au corespondență biunivocă între sistemul fizic și expresiile algebrice. În cazul AND în expresia (18) găsim :

— Matricea $[y]$ este o tabulare a ramurilor dintre noduri. Citirea ei permite reproducerea geometriei rețelei.

— Matricele coloană ale tensiunilor și curenților corespund stării nodurilor.

În cazul ANM se obține același rezultat utilizînd ecuațiile „normalizate". Astfel, în ecuația (20) figurează admitanțele dintre noduri, iar în matricele coloană regăsim starea nodurilor.

b) *Liniarizare atît în AND cît și în ANM*

Liniarizarea obișnuită în AND prin înlocuirea injecțiilor din noduri prin admitanțe ce înlocuiesc puterea respectivă se poate face evident și în ANM. Aici, nodurile așa-numite puțuri sau surse sînt astfel transformate în *noduri oarecare*. Aceasta pentru rețele electroenergetice.

În ANM, utilizată în alte sisteme decît în rețelele electroenergetice, aproximația liniară cu transformări Laplace sau Fourier ar putea da rezultate interesante în analize calitative.

Notăm că și în AND utilizarea funcțiilor „incrementale" pentru expresia puterii active sau reactive, considerînd tensiunea și curentul ca variabile independente, pot da interesante informații calitative. Astfel, $P = f(e, i)$ poate fi funcția căreia i se caută incrementul (vezi [53] unde se propune o asemenea soluție).

Scanned with OKEN Scanner

c) *Reducerea sistemului pentru analiza unui nod real*

Calea aleasă în AND consideră numai surse *tensiuni* (nodurile generatoare) și toate nodurile liniarizate și reduse, cu excepția celui analizat. Evident același lucru se poate face și în ANM, considerînd nodul „pămînt" cu tensiuni zero (vezi fig. 20) origină a tensiunilor aplicate grafului, după o transformare a grafului prin reducerea nodurilor. Astfel, se poate ajunge la schema din figura 21, unde schema REI (*b*) este extrasă din rețeaua redusă (*a*). Schema REI este independentă de restul grafului dacă cunoaștem tensiunile aplicate în nodurile *1*, *2* și *3*.

Pînă aici se poate vedea că sînt posibile soluții propuse și adaptate în [19] pentru rețelele electrice.

d) *Reducerea nodurilor și formarea nodurilor REI fictive*

În AND reducerea masivă a nodurilor se face pentru a găsi un sistem imitativ redus la esențial pentru două scopuri :

— Rețelele vaste moderne pot fi astfel reduse la rețele simple, utilizînd informații sintetice. Aceste rețele sînt ușor de priceput direct de operatori și ușor de manipulat în diverse probleme de comportare a sistemului.

— Nodurile artificiale pot da informații calitative asupra unor regiuni ale rețelei, precum și rețeaua „văzută" prin aceste noduri (Imagini nodale).

Pentru analiza și vizualizarea prin AND s-au utilizat *obiceiurile intelectuale cîștigate de electricienii* specializați în sisteme electroenergetice. Vom rezuma aceste aspecte specifice numai AND-ului, plecînd de la schema REI pentru un nod real care s-ar fi putut obține și ca graf de fluență. Formațile topologice reduse ale rețelelor REI imitative au calități ergonomice numai pentru spcialiștii menționați și nu sînt ușor pricepute de electricieni din alte specialități. Vom dezvolta acest aspect în cele ce urmează, fiind interesant din punct de vedere „ergonomic".

19. Considerarea în figurile geometrice obținute a conceptelor și noțiunilor uzuale cele mai simple și familiare specialiștilor domeniului. Exemple din AND

19.1. *AND pentru un nod pe schema REI.* În figura 21 se prezintă formarea schemei REI pentru nodul *4* care este nodul studiat.

Scanned with OKEN Scanner

Pentru regimul din care a fost extrasă schema, în nodul *4* apar însumate 3 injecţii de curent de la nodurile generatoare *1*, *2*, *3*, egale cu sarcina totală din nodul REI. Să presupunem că (punctat pe fig. 21) am figurat curentul şi puterea consumată în nodul 4.

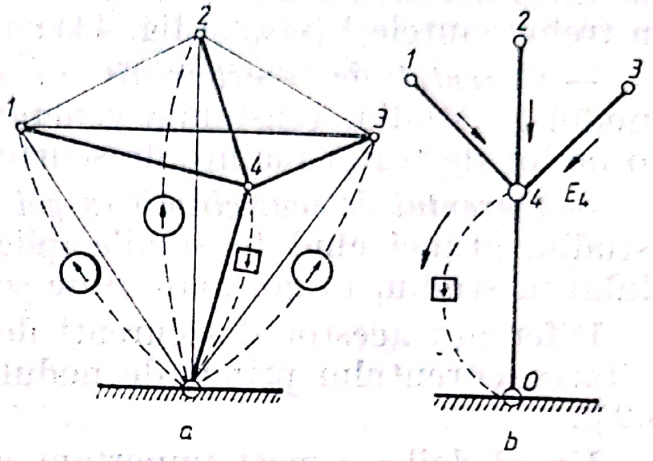


Fig. 21. — Reţea electrică cu trei noduri „generatoare" (variabile independente): *a* — reţeaua redusă prin liniarizare la cele 3 noduri plus nodul *4* analizat; *b* — schema REI a nodului *4* în studiu.

În acest caz ramura groasă nod pămînt *4—0* este o reprezentantă a reţelei elementare a nodurilor liniarizate eliminate. Valoarea acestei impedanţe arată influenţa nodurilor reduse asupra nodului în studiu atunci cînd legile de variaţie a sarcinilor sînt apropiate de impedanţe, aşa cum se consideră de multe ori în calcule simplificate. În schimb ramura (cu linie întreruptă) *4—0* reprezintă puterea reală a nodului *4* cu adevărata ei identitate, şi bineînţeles calea curentului ce se scurge prin ea, corespunzător acestei puteri. În ceea ce priveşte generatorii ce alimentează nodul, în acest studiu, ei pot fi grupaţi într-un singur generator.

19.2. *Diagrama poligonală a curenţilor formînd imaginea nodului studiat.* O asemenea imagine a fost arătată în figura 3. Ea este o diagramă de curenţi în care observăm caracteristicile *regimului reprezentat* şi obţinem informaţii asupra *stării nodului în studiu* în regimul respectiv.

Posibilităţile „Imaginilor nodale" au fost expuse în numeroase lucrări pentru diverse aplicaţii [15, 16, 17, 18, 26], plecînd de la primele lucrări sintetizate în [37] şi prima prezentare pe plan internaţional [38]. Aceste două lucrări ultime rezumă şi performanţele obţinute în ISPE-Bucureşti, unde specialiştii institutului au efectuat numeroase aplicaţii de *calcul grafic* în cele mai variate probleme. Ne vom limita în a prezenta cîteva imagini grafice semnificative în partea a 5-a. Cei interesaţi pot găsi în bibliografia citată, şi în special în lucrarea [41], aceste ultime evoluţii şi performanţe ale metodei

[17, 18]. Vom reaminti totuși cele două categorii de curenți de scurtcircuit, numiți de noi „în sarcină" și „în gol", utilizați în imaginea nodală. În special ultima categorie „în gol" are o corespondență fizică poate discutabilă pentru cei riguroși în ceea ce privește terminologia. Cum întreaga diagramă de curenți se bazează pe aceste două categorii de curenți de scurtcircuit, vom preciza și aici modul cum trebuie înțeleși (vezi și fig. 44):

— *Curentul de scurtcircuit în sarcină* este curentul rezultat în nodul în studiu, tensiunile generatorilor considerate aplicate cu valorile lor de regim înainte de scurtcircuit.

— *Curentul de scurtcircuit în gol* este curentul rezultat în nodul în studiu, atunci cînd tensiunile aplicate sînt aceleași cu tensiunea nodului în studiu, în gol înainte de scurtcircuit.

Diferența acestor doi curenți de scurtcircuit este egală cu intensitatea curentului primit de nodul în studiu (paragraful 4.2 din [15.2]).

Un al doilea aspect important este faptul că generatorii echivalenți formați de un număr oarecare de generatori (sau noduri considerate cu tensiuni aplicate ca generatori) se reprezintă pe imaginea nodală prin însumarea vectorilor generatori ce-l compun pe cel echivalent. Am reamintit aceste procedee ce ne vor fi utile în studiul rețelelor REI cu noduri fictive.

19.3. *Formarea nodurilor fictive pentru reducerea rețelei.* „REȚEAUA CU BILANȚ ENERGETIC NUL" este conceptul central în formarea rețelelor REI cu un număr de noduri redus la esențial. Pentru o înțelegere ușoară vom expune rețeaua REI cu ajutorul căreia integrăm un număr oarecare de *noduri de sarcină* într-un singur nod care le înlocuiește pe celelalte. Plecăm de la un regim de referință.

a) *Să considerăm nodurile m* (fig. 22 *a*) care sînt toate noduri de sarcină. Ecuațiile ce le exprimă le *liniarizăm*, după cum am arătat mai sus, înlocuind puterile cu admitanța ce le corespunde și luînd în considerare tensiunile *aplicate* fiecărui nod (fig. 22).

b) *Formăm nodul cu tensiune zero* la capătul fiecărei ramuri, adică cu tensiunea neutrului, nod pe care îl notăm cu O' pentru a marca faptul că este un nod independent de pămînt (sau neutru) la care nu este legat (fig. 22 *a*, nodul O').

c) *Suma curenților* ce se adună în nodul O' alcătuiește o *sursă de curent* ce va fi utilizată mai departe ca sursă a ramurii adăugate.

d) *Pentru a obține în nodul final al ramurii* $O'e$ *puterea* egală cu suma puterilor din nodurile *m* este necesar ca admitanța $O'e$ parcursă de curentul I_e să producă o putere egală și de semn contrar

Scanned with OKEN Scanner

puterilor adunate ale nodurilor m ce dorim să înlocuim; în care dimensionăm astfel admitanţa ramurei $O'e$ care în cazul nodurilor m, noduri cu sarcini, apare *negativă*.

★

Se observă că reţeaua adăugată este o reţea de tip REI cu nodul central O' care deocamdată a *complicat reţeaua reală* căreia i-a adăugat două noduri noi O' şi nodul echivalent e.

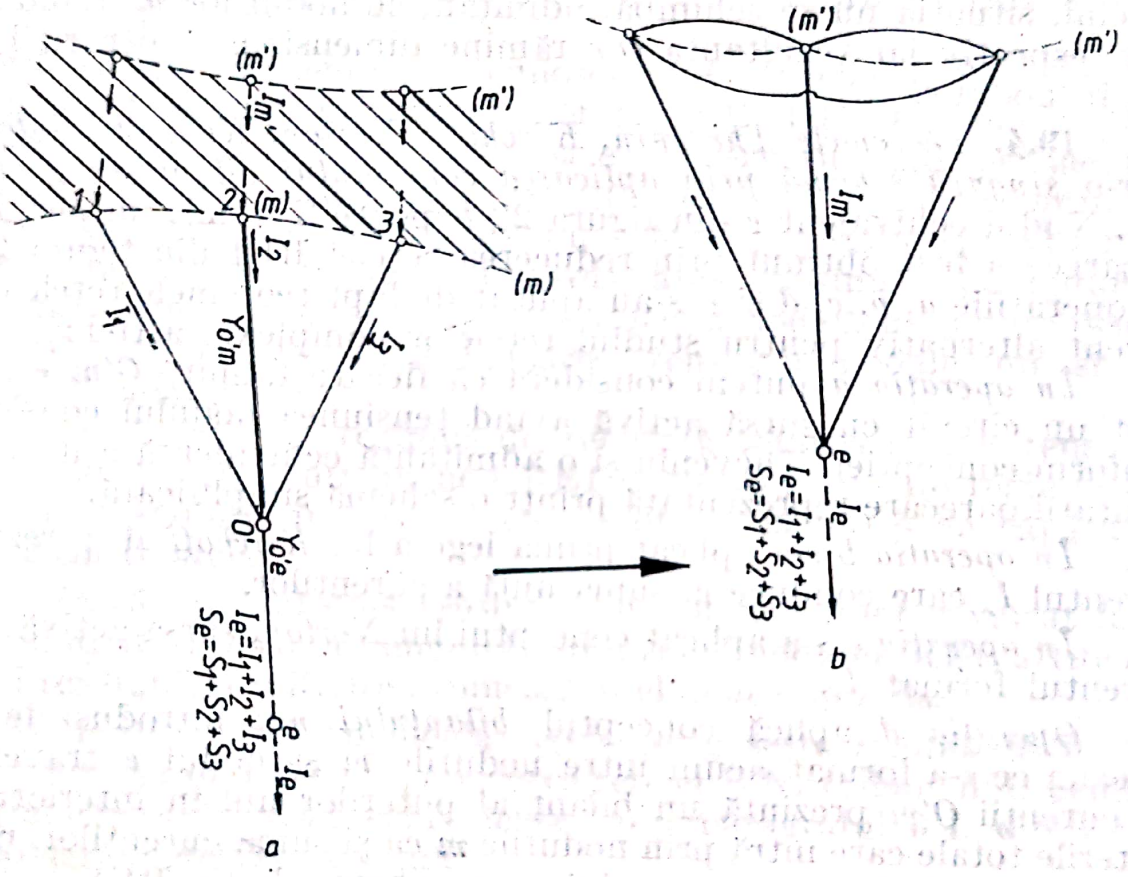


Fig. 22. — Reţeaua cu bilanţ energetic nul (a); (b) nodul e echivalent (REI).

e) Reţeaua dintre nodurile m şi m' presupunem că *nu are noduri cu injecţii de putere*. Este deci o reţea liniară, ale căror noduri pot fi reduse, fiecare nod aflîndu-se în o reţea radială care poate fi transfigurată. Rezultă de aici că putem reduce toate nodurile m oricît de numeroase ar fi, împreună cu nodul O', şi ajungem astfel la reţeaua simplă din figura 22 *b*.

În ecuaţiile matriceale nodale cu matricea $[Y]$, reducerea poate fi făcută cu algoritmul Gauss. Nodul echivalent *e are aceeaşi putere*

Scanned with OKEN Scanner

(S_e) *ca suma puterilor* nodurilor reduse, iar rețeaua rezultată (linii pline în fig. 22 *b*) are *pierderi identice cu rețeaua reală pe care a înlocuit-o.*

★

Se demonstrează ușor că același procedeu se poate aplica *oricare ar fi natura* nodurilor *m'* ce se reduc. În cazul nodurilor *m* generatoare semnele admitanțelor se inversează (negative cele *mO'* și pozitive *O'e*). În cazul nodurilor *m* de naturi diferite, generatoare și sarcini, situația nu se schimbă, admitanțele nodurilor *m* avînd semnul respectiv iar rezultanta *O'e* rămîne dimensionată pentru bilanț nul în nodul *e*.

19.4. *Teoremele Thèvenin, Kirchoff, Norton, Kennelly, integrate într-o singură schemă prin aplicarea conceptului bilanțului energetic nul.* Nodul echivalent *e* din figura 22 *b* poate fi numit un *nod REI*, deoarece a fost obținut prin reducerea rețelei REI din figura 22 *a*. În operațiile *a*, *b*, *c*, *d* și *e* s-au aplicat de fapt teoremele rețelelor de curent alternativ pentru studiul rețelelor complexe, astfel:

În operația a putem considera că fiecare ramură *O'm* este de fapt un circuit cu sursă activă avînd tensiunea nodului considerat conform concepției Thèvenin și o admitanță echivalentă a unei configurații oarecare reprezentată printr-o schemă simplificată.

În operația b s-a aplicat prima lege a lui *Kirchoff* și a rezultat curentul I_e care conduce la suma nulă a curenților.

În operația c s-a aplicat conceptul lui *Norton*, sursa activă fiind curentul format I_e.

Operația d aplică conceptul *bilanțului nul* introdus de noi, rețeaua ce s-a format acum între nodurile *m* și nodul *e* traversată de curenții *O'm* prezintă un bilanț al puterilor nul în interiorul ei. Puterile totale care intră prin nodurile *m* ca și suma curenților, rămîn neschimbate la ieșirea prin nodul *e* din schema de tip REI.

Operația e aplică de fapt teorema lui *Kennelly* de transfigurare a circuitelor stea-poligon care conduce la reducerea nodului central.

Nodul REI artificial format după reducere are deci următoarele importante proprietăți dacă nodurile integrate au naturi identice:

— *Puterea activă și reactivă* a nodului REI este identică cu suma puterilor nodurilor înlocuite.

— *Pierderile rețelei noi* ce s-a format sînt identice cu cele ale rețelei înlocuite dacă nodurile grupate într-un nod REI au toate aceeași natură (de exemplu generatoare producînd puteri active și reactive sau sarcini).

Scanned with OKEN Scanner

— Faptul că apar ramuri noi (vezi ramurile dintre nodurile m') nu aduce nici o complicaţie.

Puterile injectate de reţeaua nodului REI artificial, reţea formată din linii pline în figura 22 *b*, sînt puterile ce rezultă din transfigurarea circuitelor conform teoremei lui Kennelly. Astfel, aceste puteri rămîn aceleaşi cu puterile injectate de nodurile m' de reţeaua originală.

Un efect important al integrării teoremelor clasice în formarea nodurilor artificiale este micşorarea aproximaţiilor pentru alte regimuri decît cel de referinţă. Pînă la apariţia metodei REI în S.U.A. se utiliza exclusiv metoda Ward (după numele autorului), care utiliza teorema Norton.

Citäm din prezentarea cunoscutului specialist W. Tinney, care poate fi socotit iniţiatorul metodei REI-DIMO (Dimo's REI approach) în S.U.A. [45], următoarea observaţie: „Experimental ca şi din sugestii logice $V_g = 0$, este probabil alegerea optimă" (V_g este tensiunea nodului O' care nu e legat la pămînt şi deci putea fi considerat cu o tensiune arbitrară), apoi continuă: „admitanţa şunt este o bună aproximaţie pentru injecţia nodală de putere deoarece este sensibilă numai la valoarea tensiunii nodale nu şi la unghi...", adăugăm:

— Dacă faţă de regimul de referinţă valoarea unei tensiuni a unui nod integrat într-un nod REI evoluează faţă de regimul de referinţă, o evoluţie în acelaşi sens (calitativ la fel) o va căpăta şi nodul REI artificial.

— Dacă unghiul unei tensiuni sau a unui curent a variat faţă de regimul de referinţă, unghiul curentului nodului REI artificial ca şi al tensiunii rezultante evoluează şi el în acelaşi sens.

— În fine, dacă topologia reţelei se găseşte schimbată în alt regim decît cel de referinţă, aplicarea reţelei B.N. (bilanţ nul) pentru corecţiunea reţelei REI echivalente (vezi paragraful 6.4. din [18]) ţine cont de corecţia necesară.

Încercări recente [44, 45], pe viu în dezvoltata reţea EST-USA (AEP), ajung la concluzia că metoda REI este cea mai exactă metodă de echivalare şi se recomandă pentru centrele de comandă a sistemelor electroenergetice.

19.5. *Acelaşi concept REI pentru nod ca şi pentru sistem cu o inversare de poziţii.* Dacă echivalentul REI pentru un nod stabileşte *echivalenţa pentru nodul studiat*, plasat în sistem, echivalentul REI pentru un sistem de noduri stabileşte echivalenţa acestor noduri considerate ca un sistem (nodurile m din fig. 22). În problemele de programare se poate considera:

— În cazul echivalentului pentru un nod tensiunea zero se consideră la capul schemei iar pentru nodul central se poate considera tensiunea 1 în unități relative, pentru o intuire ușoară a rolurilor nodurilor de frontieră ale schemei (considerate cu tensiuni aplicate).

— În cazul echivalentului pentru un sistem de noduri, oricare ar fi ele, se *inversează* nodurile adăugate. Nodul central va lua tensiunea zero, iar nodul de la capul schemei va avea tensiunea nodului ce va înlocui sistemul de noduri considerat, impus de conceput bilanțului nul.

19.6. *Cele mai simple, sugestive și utile modele REI pentru rețelele vaste.*

a) *Rețeaua REI cu sarcină unică*

În figura 23 s-au redus toate nodurile cu sarcini formînd un nod REI al sarcinii unice (*S* în figura 23 *b*). Au rămas numai noduri generatoare (*g*) și nodurile de frontieră (*f*) prin care sistemul respectiv

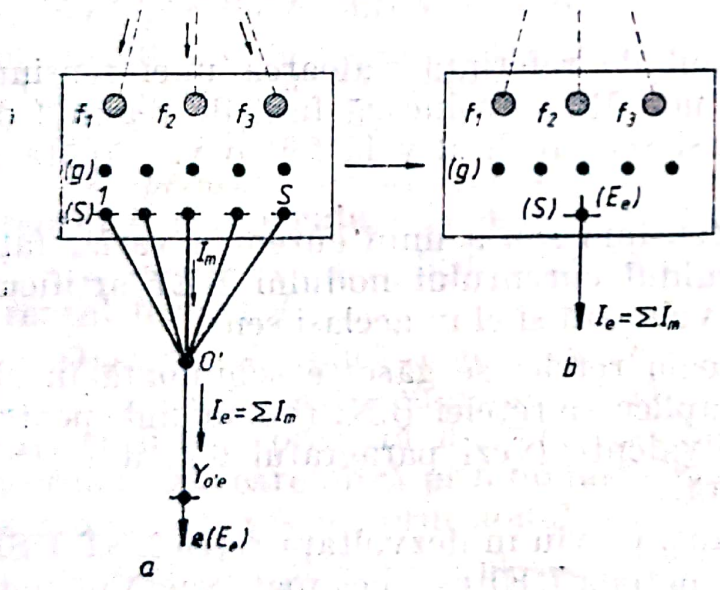


Fig. 23. — Nodurile de sarcini sînt toate înlocuite de un singur nod REI (*a*); nodul sarcinii unice (*b*).

primea energie prin trei linii de interconexiune de la sisteme vecine. S-au făcut multe aplicații cu un asemenea model [15.2, 15.3, 37], între care un interesant studiu de simulare făcut asupra rețelei franceze în urma gravei avarii din decembrie 1978 [40].

b) *Rețea REI cu un singur nod generator și sarcinile repartizate acestui nod plus nodurilor de frontieră*

Scanned with OKEN Scanner

Un asemenea model are topologia din figura 22 *b* cu nodurile *m*, noduri de frontieră. Se construiește cu ajutorul rețelei B:N: (bilanț nul) un nod unic al generatoarelor. Apoi se reduc toate sarcinile după o prealabilă liniarizare a ecuațiilor obținute care vor da componente atît în nodul generator cît și în nodurile de frontieră. După aceea ecuațiile pot fi „deliniarizate" dacă este necesar.

c) *Rețea REI cu două noduri, unul generator și unul de sarcină*

O asemenea rețea REI se prezintă pentru fiecare din sistemele *A*, *B*, *C* și *D* interconectate (fig. 24).

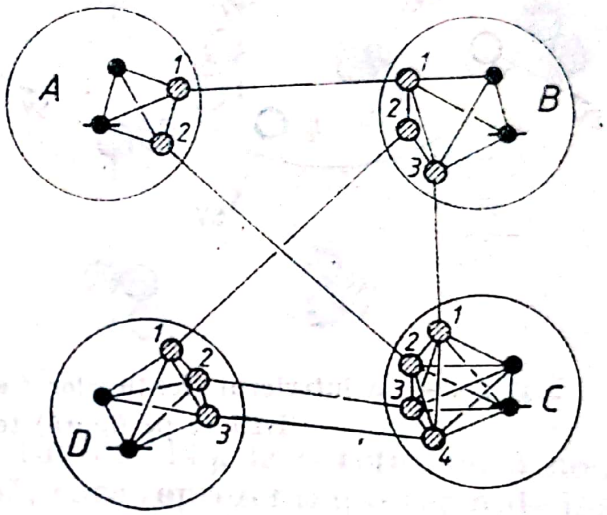


Fig. 24. — Sistemele interconectate *A*, *B*, *C*, *D* sînt reduse la cîte două noduri REI, unul de sarcină și al doilea generator. Rețeaua de interconexiune rămîne cu adevărata ei identitate.

d) *Rețeaua internă într-un sistem de rețele de foarte înaltă tensiune.*

O asemenea rețea este figurată în figura 25. Chiar dacă pentru tensiuni medii sînt legături dincolo de conturul f_1', f_2', f_3', ele nu sînt considerate deoarece schimbul se face în principal prin rețeaua de foarte înaltă tensiune (ce pleacă de la granița f_1', f_2', f_3'). În figura 25 *b* s-a figurat un singur nod echivalent fără deosebiri între generatoare și sarcini. În general este preferabil să se figureze două noduri distincte, dacă nu se cercetează numai stări foarte apropiate de regimul de referință.

19.7. ***Modele pentru informații sintetice. Timp real și timp diferit. Actualizări.*** Reamintim posibilitățile acestor rețele REI (rețele cu noduri artificiale REI) expuse în numeroase lucrări relativ recente [17, 18, 41].

Scanned with OKEN Scanner

a) Modelele se alcătuiesc în general cu noduri REI integrînd noduri de același tip : noduri de sarcină cu o anumită caracteristică a sarcinii, noduri generatoare cu un anumit regim (de bază, de vîrf etc.) sau pentru un anume combustibil (cărbune, păcură, hidro).

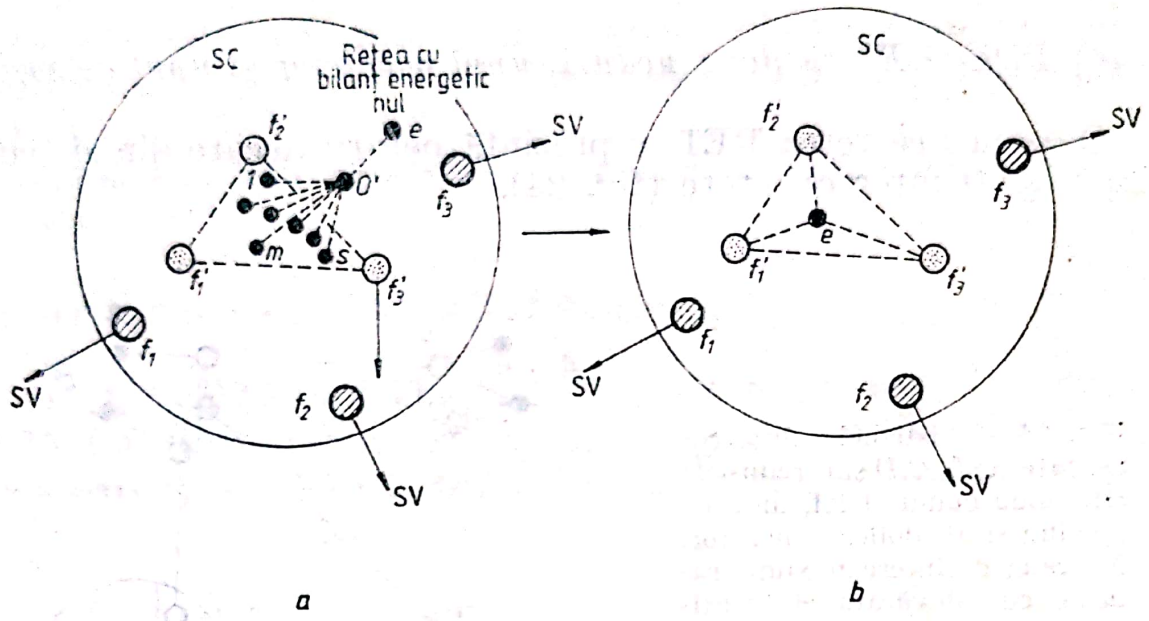


Fig. 25. — În interiorul frontierelor *f* se integrează într-un singur nod REI (*e* pe figură) toate nodurile.

Acest lucru permite utilizarea informațiilor sintetice (putere totală a sarcinii pentru un nod REI, putere totală a anumitor generatori etc.).

b) Cele mai interesante modele sînt cele cu noduri foarte puține, ca cele arătate în figurile 23, 24, 25 (vezi și [17]). Ele însă au nevoie în timp real de a fi actualizate. Am propus actualizarea utilizînd tot o rețea cu bilanț energetic nul [18, 41]. Amintim interesante soluțiile de actualizare propuse în S.U.A., denumite de autorii lor X—REI [43], S—REI (S = stohastic) [44], care împreună cu rețeaua BN propusă de autor oferă o largă paletă de posibilități ce pot fi adaptate la diverse topologii și probleme. Aceste actualizări se referă însă la soluțiile reprezentării unor sisteme externe. Sistemul studiat rămîne cu adevărata lui identitate sau cu reduceri puține (fig. 26).

c) Dacă în *timp real* actualizările apar indispensabile, pornind de la estimatoarele de stare care dau starea nodurilor de frontieră,

la planificare problema se simplifică, construind echivalenţii cei mai reduşi care dau răspuns problemei studiate.

19.8. *Sistemele vaste vizualizate pe reţele REI.* Avantajul modelelor REI, reduse la esenţial, este posibilitatea cercetătorului de a *vizualiza* reţelele vaste pe modele extrem de simple, cu noduri puţine, şi cu o natură identică cu reţeaua reală. Astfel, reţeaua

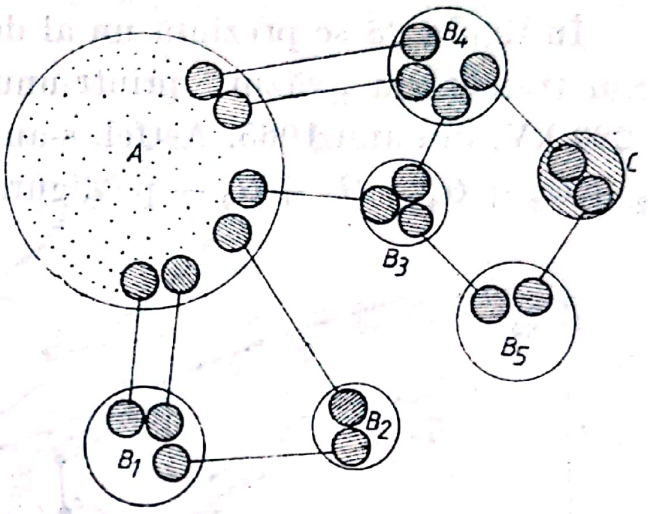


Fig. 26. — Sistemul în studiu *A* se păstrează cu adevărata sa identitate împreună cu reţeaua de interconexiune. Sistemele B_1, B_2, B_3, B_4, B_5 şi *C* sînt reduse fiecare la cîteva noduri REI (nefigurate).

„Est-U.S.A." a fost redusă, în studiul [44], la o reţea cu 5 noduri generatoare şi 5 noduri de sarcină, care reprezentau o reţea de înaltă tensiune cu 3 561 noduri şi 6 003 linii.

Aceste reduceri masive conduc bineînţeles la reţele finale în care toate nodurile sînt legate între ele. Asemenea reduceri au fost făcute şi pentru reţeaua „West-U.S.A." unde o foarte interesantă cercetare aplică metoda AND atît în problemele stărilor staţionare cît şi în cazul regimurilor *tranzitorii*, cu foarte bune rezultate [46].

★

De cel mai mare interes apar posibilităţile noi ale *imaginilor nodale* cu noduri fictive REI. Rezumăm mai jos două aplicaţii :

În figura 27 se vede imaginea nodală a nodului cu sarcină unică a unei reţele cu generatori fictivi. În sarcina integrată în nodul sarcinii unice, puterea reactivă a fost considerată susceptanţă. Astfel, avem avantajul unei imagini nodale similare ca aspect cu cele întocmite pentru reţele de reactanţe (curentul de scurt circuit în gol *Og*, pe figura 27, poate fi aproximat ca fiind în fază cu axa absciselor

ce măsoară curentul $I_0 + I_d$). S-a înrăutăţit regimul în care generatorii fictivi au fost degradaţi (mărirea unghiului cu axa absciselor). Regimul reprezentat de linia OO'_n, care pe cale grafică conduce la un regim instabil static (unghi de 45° vezi fig. 4) în reţelele de reactanţă, a fost verificat prin calcul complet pe reţeaua cu toţi generatorii. Regimul a rezultat foarte apropiat pe imaginea cu generatori fictivi (linia OO_n), de linia ce face 45° cu axele figurii.

În figura 28 se prezintă un al doilea exemplu al unui calcul de regim tranzitoriu „văzut" printr-unul din nodurile reţelei franceze de 220 kV, din anii 1965. Astfel, s-au introdus generatori echivalenţi ($G_2 + G_3 + G_4 + G_5 + G_6$ — pe figura 27) aşa cum au rezultat din

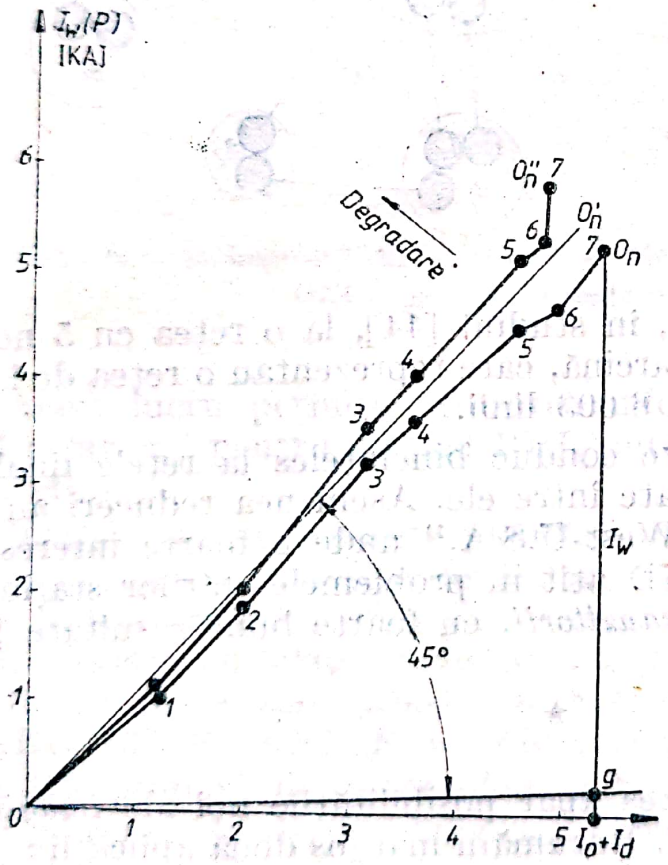


Fig. 27. — Imaginea nodului cu sarcină unică şi noduri REI generatoare plus cîteva generatoare reale importante. Limita stabilităţii statice, utilizînd criteriul dQ/dU, se plasează pe o linie apropiată de linia O'_n.

compunerea rezultantei pe grafic. Rezultatele vizualizării au verificat concluziile calculului pe un model analogic (întocmit în cadrul unei colaborări de cercetare francezo (E.D.F.) — române (ISPE), vezi [15.3]).

Scanned with OKEN Scanner

În partea a 5-a a acestei lucrări se prezintă cîteva imagini nodale care fără excepție pot fi adaptate la toate problemele cercetate prin „vizualizare" pe imaginile sugestive ale AND cu noduri fictive REI.

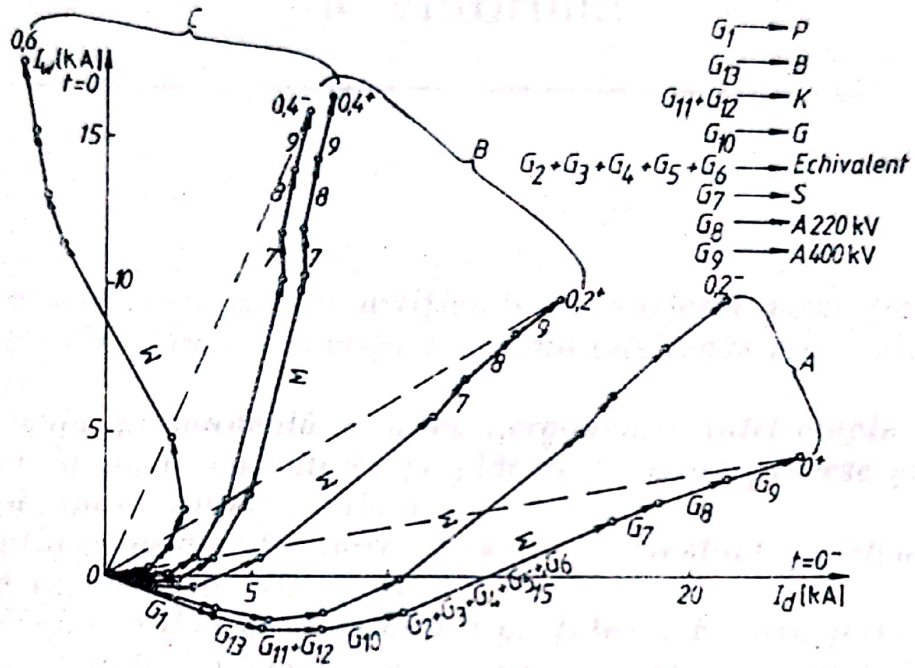


Fig. 28. — Regim dinamic văzut prin unul din nodurile de înaltă tensiune a rețelei franceze : *A* — evoluția generatorilor în urma unui defect ; *B* — schimbare de structură $(0,2^+)$; *C* — reanclanșare pe linia cu defectul eliminat.

În lucrările [17, 18] s-au inventariat problemele complexe ale sistemelor electrice în care *imaginea nodală* poate sugera idei noi și o înțelegere intuitivă a situației.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A PATRA

Ergonomia intelectuală — problemă centrală a viitorului

În epoca „inteligenței artificiale" manifestă peste tot în activitatea omului de mîine, o condiție esențială este regăsirea confortului său intelectual.

Prezența permanentă a unei „ergonomii intelectuale" care să-i permită să ia parte cu interes și plăcere la noile procese și dialoguri om-mașină apare indispensabilă.

Atenția cercetătorilor pare necesar a fi orientată insistent în această direcție în evoluția viitorului.

Subliniem valoarea deosebită a grafului REI din punct de vedere informațional datorită posibilităților sale de reprezentare bidirecțională a parcursului informațiilor ce poate curge către sau de la nodul central. O a doua caracteristică importantă este „independența" sa în figurarea unei fracțiuni în spațiu sau timp, alcătuind, astfel, o componentă simplă în procesul ce se desfășoară.

Inteligența artificială, cu posibilitățile sale mereu în progres, va putea ușor descompune cele mai complexe sau abstracte procese în elemente simple pe care omul le simte, le intuiește, și le-a înțeles întotdeauna.

Pentru posibilitățile de generalizare a aplicațiilor grafului REI și a imaginii lui nodale se recomandă urmărirea celor două exemple date: graful REI economic (fig. 8 și 9) și cel medical (fig. 34 și 35).

Scanned with OKEN Scanner

20. Perspective — impactul microprocesorului, estimatorului de stare și creionului luminos (light-pen) pentru interfața om-calculator pe modele REI

Spectaculoasa evoluție a electronicii a introdus deja, în sistemele electroenergetice vaste estimatorul de stare care arată, cu detaliile dorite și în momentul dorit, starea exactă a regimului în timp real. În plus sistemele vecine celui supravegheat sînt modelate fie cu conceptul Ward fie AND pentru efectuarea „contingențelor" (Studiul siguranței regimului on-line prin cercetarea regimurilor staționare ce ar rezulta în lipsa unor echipamente (linii, generatoare etc.).

★

Într-o perspectivă apropiată, microprocesoarele și evoluții în curs ale electronicii vor putea permite obținerea automată a modelelor de tip REI reduse la esențial pentru centrele de control ale sistemelor vaste, pornind ierarhic de la centrele interne unui sistem pînă la treapta ierarhică superioară a unei vaste interconexiuni (vezi [47] unde se menționează satelitul ca mediu de telecomunicație pentru interconexiunile foarte vaste, pe regiuni întinse geografic). Problemele de actualizare a unui prim model, cu diverse soluții, unele propuse și de autor cu ajutorul rețelelor cu bilanț energetic nul (B.N.), în evoluția actuală [18, 41], sînt preluate de rețeaua de microprocesoare în timp real. Modelele REI cu noduri fictive pot fi astfel construite direct, în toate alternativele necesare, la cererea supraveghetorilor din centrele de control.

★

O primă concluzie asupra figurilor geometrice „ergonomice" în anumite domenii și discipline credem necesar s-o subliniem la încheierea aplicațiilor AND la rețelele electrice:

Conceptului general REI adoptat și schematizat ca organizare simplă și logică a gîndirii cercetătorului sistemelor electrice i s-a adăugat cu o eficiență deosebită *noțiunile uzuale familiare cercetătorilor* domeniului (teoreme, procedee, reprezentări în formarea elementară căpătată în școală etc., vezi [19.4]). Astfel, cercetătorul nu se desparte de noțiunile pe care le avea bine asimilate din formația

sa; sugestia pentru idei noi este mereu prezentă prin evoluția geometriei reprezentative pe care o pricepe ușor.

O serie de informații simple care ni s-au părut esențiale în legătură cu aplicarea AND în sistemele energetice sînt explicate în partea a cincea. Am încercat, astfel, a indica surse de inspirații pentru aplicarea conceptului REI și în alte domenii tehnice și netehnice, pe care numai cei aparținînd disciplinelor respective o pot face.

Deocamdată să reținem posibilitățile *creionului luminos* în cazul imaginilor nodale ale modelelor REI, neutilizat încă pentru figurarea stărilor ce s-ar dori realizate sau evitate pe imagini de noduri reale sau fictive, în rețelele REI modelate. O alegere ușoară a optimului dintr-un anumit punct de vedere poate fi făcută în numeroasele alternative de stări posibile, diferențiind starea de referință de la care s-a plecat, prin modificarea geometriei reprezentative pe ecran.

Cu această lungă *incursiune*, să ne reîntoarcem la sistemul nervos de la care am plecat cu o reprezentare simplistă (vezi fig. 10) făcută numai pentru a arăta schematizări elementare de tip REI posibile pentru o primă abordare a oricărui domeniu, chiar în cazurile cele mai complexe în care natura pare să-și fi pus toată arta, cum este aceea a sistemului nostru nervos.

20.1. *Sistemul nervos. Arta naturii în organizarea reacțiunii și feedback-ului.* Nu este în intenția noastră de a ne depărta de înțelegerea intuitivă pe imagini cu o geometrie simplă care să permită cercetătorului să vadă dincolo de informațiile obținute pe căile obișnuite ale calculului numeric. Totuși, este util să considerăm, abordînd sistemul nervos, multiplele posibilități de reprezentare grafică ale grafurilor de fluență. Sistemul nervos ar putea fi reprezentat ca un graf de o mare complexitate, cu multiple bucle și cu o arhitectură complexă a rețelei ce cuplează nodurile.

20.2. Știm că complexitatea unui graf de fluență se măsoară prin numărul minim de noduri ce trebuie blocate pentru a distruge toate buclele grafului (vezi și paragraful 16.4). După Bode [49], se poate defini matematic *reacțiunea* (*feedback*) pentru un element oarecare cuprins într-o rețea dată, ca raportul valorilor determinantului sistemului cînd elementul are valoarea sa normală și cînd este eliminat.

Supleța grafurilor de a forma în cazul sistemelor complexe un foarte mare număr de reprezentări grafice pentru un același sistem de ecuații cu informații identice în toate variantele geometrice dau prețioase posibilități „ergonomice". Astfel, pot fi obținute

Scanned with OKEN Scanner

geometrii din cele mai intuitive și ușor de interpretat prin raționamente simple asupra obiectului cercetat.

Dacă în 1948 și 1961 apar cele două ediții ale importantei lucrări a lui N. Wiener [50], astăzi universal cunoscute și înțelese, este totuși greu de afirmat că cibernetica lui Wiener este prezentă în diversele domenii și discipline, în soluții ergonomice pentru interfața om-mașină.

Conceptul cibernetic, cu multiplele lui aplicații [48, 42, 29], pune în multe probleme reprezentări complicate sau chiar imposibile geometric și recurgem atunci la cutia neagră în care știm ce intră în mașină iar calculatorul ne dă ce iese. Nu înțelegem însă ce se petrece înăuntru, calculatorul are programul lui cu abstracțiile greu de reprodus în gîndirea cercetătorului care nu a colaborat la întocmirea lui.

20.3. De aceea găsim necesar să atragem atenția asupra unei concepții unitare în care *feedbackul* sau reacțiunea este reprodusă în schematizările Neurociberneticei lui Edm. Nicolau și C. Bălăceanu [29, 42] pentru rețele neuronale (probleme de comandă și reglaj automat, analizatori, activitate motric reflexă și complexă etc.). *Buclele* apar în schematizări simple și clare, reduse la esențial, cu unele aprecieri cantitative a elementelor componente, ce permit o apropiere de conceptele grafurilor de fluență pentru care bucla elementară este o primă figurare simplă a reacțiunii ([19] și paragraful 16.4 din text). Mai semnalăm lucrarea de o remarcabilă concepție generală [25] a reprezentărilor geometrice ce pot fi integrate în „grafuri", înțelese ca termen general, trecînd peste denumirile ce au fost adoptate curent. Astfel, înrudirea schemelor și rețelelor electrice, din punct de vedere al reprezentării sistemului fizic, cu anumite grafuri *) este evidentă chiar dacă denumiri diferite sînt adoptate de specialiștii care utilizează reprezentări geometrice în domeniul lor. Lucrarea [25] este o sinteză cu contribuții interesante ale autorului, ce poate fi utilă în problemele interfeței „ergonomice" om-calculator.

★

Ne oprim aici în ceea ce privește perspectivele în legătură cu *vizualizarea ergonomică* și interfața om-mașină pentru complexul sistem nervos încă plin de mistere.

---

*) Se reamintește observația lui Frank Harary : „We believe that uniformity in grafical terminology will never be attoind, and is not necessarily desirable" (Credem că uniformitatea în terminologia grafică nu va fi niciodată atinsă și nu este necesar de dorit) [25].

Scanned with OKEN Scanner

Grafurile, în sensul cel mai general, par a fi în orice caz una din soluţiile ergonomice ale viitorului.

21. Repunerea problemei în structura REI sau tip REI

Dacă felul în care diversele părţi ale unui ansamblu (sistem) concret sau abstract sînt organizate într-o structură complicată, şi prin aceasta greu inteligibilă, prima operaţie este: RESTRUCTURAREA.

Noua structură trebuie să fie simplă şi intuitivă, cu un conţinut al elementelor esenţiale.

Structura REI sau tip REI permite, pe de o parte, într-o mare diversitate de sisteme o schematizare simplă şi familiară spiritului nostru, iar pe de altă parte poate fi integrată ca o *componentă* cu structură mai dezvoltată. De asemenea, poate fi asociată unor procedee geometrice utilizabile în analize calitative şi cantitative a „obiectelor" analizate. Vom utiliza mai departe termenul de IMAGINI NODALE pentru vizualizarea stărilor sau caracteristicilor obiectului analizat.

21.1. *Graful REI sau tip REI.* Configuraţia radială poate fi reprodusă grafic în diverse moduri, variind unghiurile dintre ramuri radiale. De la steaua cu toate unghiurile egale şi pînă la anumite configuraţii cu ramificaţii ce ar putea reproduce un arbore sau porţiuni din el sînt foarte multe posibilităţi.

În general, gîndirea noastră schematizează dependenţele între ramurile ce pleacă de la nodul central după natura fizică a obiectului, a fenomenului studiat, sau a succesiunilor, înlănţuirilor în spaţiu dintre obiecte etc. Astfel, vom arăta cîteva schematizări extrase din lucrarea [42] în legătură cu sistemul nervos. Figura 29 reprezintă un semnal (S_2) distribuit prin neuronul S_2 la o serie de nervuri (N_j^2) distribuiţi pe o singură dimensiune x. La aceeaşi neuroni ajung şi semnalele provenite de la generatorul g al undei de referinţă. Observăm cele două scheme radiale care se întîlnesc. În aceeaşi lucrare apare figura 30, care are structura *unui arbore*, pentru a ilustra mulţimea „enunţurilor" în legătură cu formalizarea limbii (N. Chomsky şi S. Marcus). Observăm schemele radiale succesive. Tot un model în formă de arbore se prezintă în figura 31 din [42], în legătură cu teoria deciziei. În fine, figura 32 se reproduce o succesiune de scheme radiale (după [52]) pentru a sugera un echivalent al reacţiunii (Feedback equivalent systems).

Scanned with OKEN Scanner

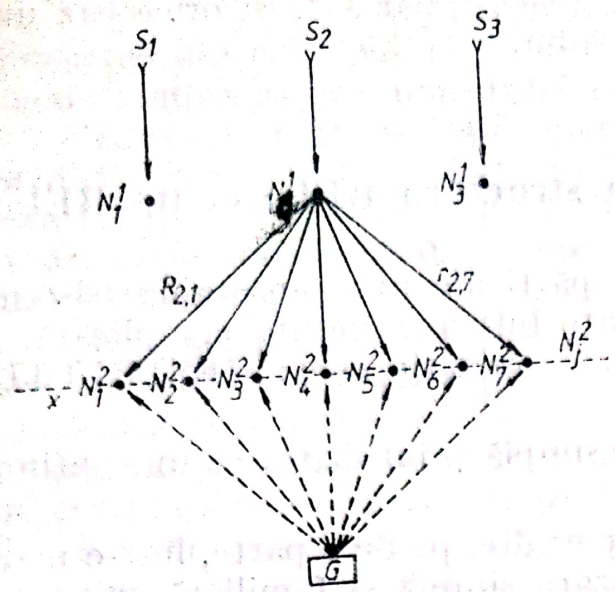
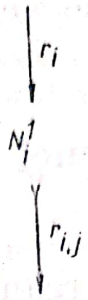


Fig. 29. — Organizare neuronală.



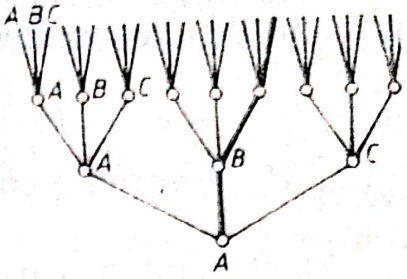


Fig. 30. — Organizarea enunțurilor în formalizarea limbii.

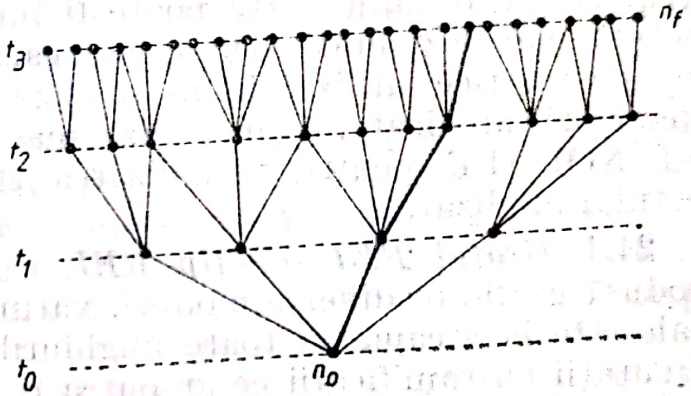


Fig. 31. — Schematizare în legătură cu teoria deciziei.

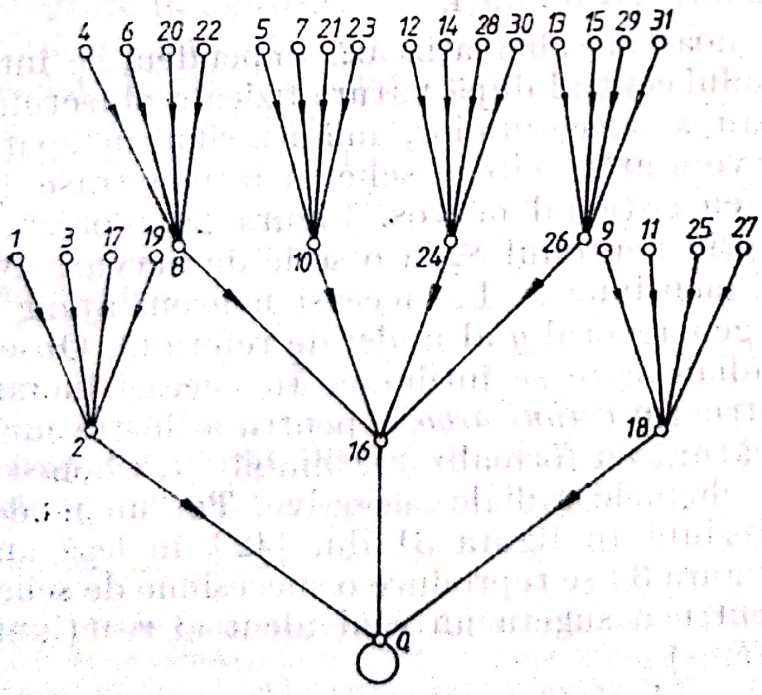


Fig. 32. — Un echivalent schematic al reacțiunii.

În figura 33 prezentam patru exemple din familia grafurilor REI, începînd cu cel utilizat în AND pentru un nod (figura 33 *a*, nodul *j*) în care „interdependența" apare datorită faptului că nodurile *g* sînt considerate cu tensiuni aplicate (modul și fază) în regimul real ce se studiază și determină complet circulațiile de curenți și puteri

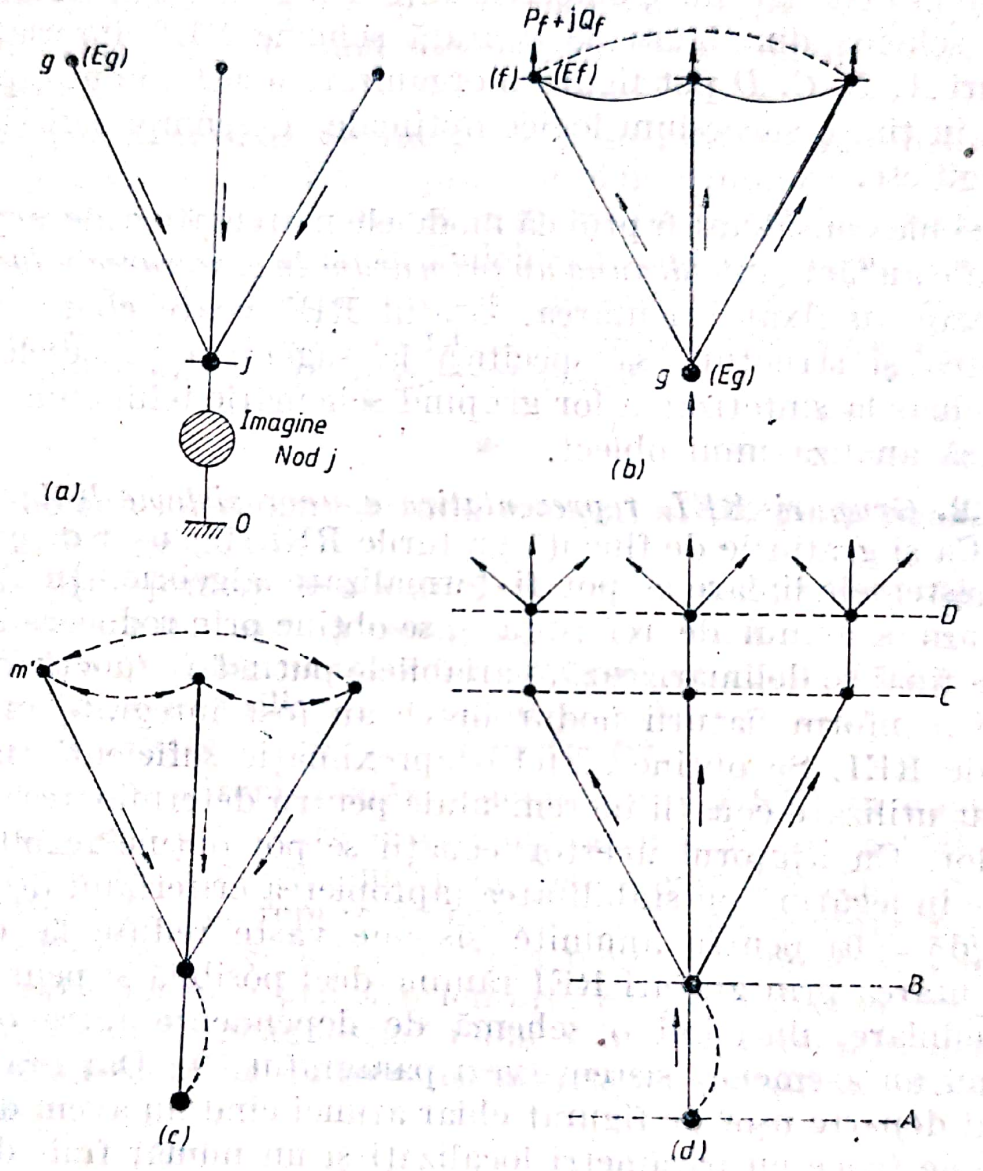


Fig. 33. — Variante ale grafului REI reprezentative a unui sistem sau extrase dintr-un sistem pentru analize parțiale.

în schema REI. În figura 33 *b* se prezintă tot un sistem electric redus la un singur nod REI artificial (generator + sarcini). Nodurile

de frontieră ale sistemului, notate f, injectează aceeași putere și au aceeași tensiune ca în rețeaua reală, iar nodul g reprezintă ca putere rezultanta nodurilor (generatoare și sarcini). Este tot o rețea REI care rezultă complet buclată dacă reducerea este totală sau foarte mare. O asemenea schemă poate fi reprezentativă în multe alte probleme de natură diferită. Liniile întrerupte reprezentate în figura 33 *c* figurează corelări între obiectele *m* (obiecte în sensul cel mai larg). În fine, schema din figura 33 *d* arată scheme REI înseriate. Cele 4 niveluri A, B, C, D pot figura o organizare a sistemului tip arbore cu etaje în timp, succesiuni logice optimale, descompuneri și stocări de mesagii etc.

Trebuie considerat faptul că modelele matematice ale aspectelor lumii reale au făcut *întotdeauna un prim drum în observarea unor situații simple* care au fixat orientarea. Graful REI poate contribui prin simplitatea și structura sa specifică la sugerarea proceselor lumii reale și chiar la sintetizarea lor grupînd schematic felul cum gîndirea orientează analiza unui obiect.

21.2. *Grupuri REI reprezentative a unor sisteme liniare și neliniare.* Ca și grafurile de fluență grafurile REI sînt ușor de construit pentru sistemele liniare ce pot fi formalizate algebric. În AND se liniarizează sistemul de referință și se obține prin reducere modelul REI. În final se deliniarizează, variabilele putînd fi funcții oarecare neliniare conform naturii nodurilor ce au fost integrate în noduri artificiale REI. Se obține astfel o aproximație suficientă, mai ales dacă sînt utilizate ecuații incrementale pentru determinarea sensului variațiilor. Cu ajutorul acestor ecuații se pot obține rezultate importante în legătură cu stabilitatea (apropierea criteriului $\mathrm{d}Q/\mathrm{d}u = 0$ sau $\mathrm{d}P/\mathrm{d}\delta = 0$) pentru anumite sisteme vaste reduse la esențial. Reprezentarea prin grafuri REI rămîne deci posibilă și pentru sistemele neliniare, ilustrînd o schemă de dependențe între obiectele alcătuind un asemenea sistem (vezi paragraful 10). Dar graful REI este mai departe ușor de figurat chiar atunci cînd nu avem de-a face cu sisteme fizice cu parametri localizați și un număr finit de grade de libertate ce se încadrează ușor într-un graf oarecare ce poate fi adus sau descompus în structuri REI. Să considerăm cazul cel mai general în care pentru „obiectul" ce se dorește definit și studiat într-un sistem avem numai fenomene observabile ce nu pot fi încadrate într-o formalizare matematică, nici măcar prin „variabile" fuzzy (vezi [54]).

Scanned with OKEN Scanner

22. Indicatori geometrici în cazul sistemelor neformalizabile matematic

Ne referim la imprecizia limbajelor naturale în care cantitățile nu sînt definite prin măsura lor ci prin pozițiile lor relative. Spunem că un om este mai agreabil, mai vesel, mai posomorît, mai înalt ca altul, grație unor procese complexe de memorizare, noțiuni cîștigate probabil „statistic", în mod inconștient de-a lungul formației sale intelectuale.

În știința actuală se încearcă a se modela mai precis chiar limbajul și atragem atenția asupra teoriei mulțimilor vagi [54] (fuzzy) care apare de un deosebit interes în epoca *inteligenței artificiale*. Dacă mulțimile „vagi" ale lui L. A. Zadeh vor contribui la noi victorii ale informaticii în vertiginoasă dezvoltare, credem că o preocupare importantă, paralelă, trebuie acordată și *inteligenței naturale*, în care prezența ergonomiei este elementul central.

*

Psihologii au remarcat rolul esențial al *imaginii vizuale* în raționamentul investigator.

Calitățile principale ale unei imagini vizuale rezidă din gradul înaintat de schematizare a esențialului, cu absența în reprezentarea geometrică a părților inactive în procesul cercetat. Chiar spiritele cele mai abstracte utilizează imagini vizuale care ușurează raționamentul investigator și *vitalizează abstracția*.

Vom încerca reprezentări elementare tip REI în domenii depărtate de rețele, în care inteligența artificială are astăzi victorii importante (vezi tratarea infecțiilor bacteriene din [56]). Asemenea scheme simplificate, reprezentative, ca cele elementare prezentate mai departe (fig. 34 și 35), pot ajuta pentru o abordare a unor sisteme în care dorim o primă orientare. Să luăm deci schematizarea reprezentării unui „diagnostic" clinic (obiectul cercetat), dependent de un număr mare de obiecte (caracteristici și stări ale bolnavului) cunoscute.

23. Diagnostic vizualizat pe grafuri REI

Diagnosticul pe care medicul îl hotărăște, corespunzător unei stări anormale, s-a orientat din cele mai vechi timpuri cu ajutorul unor elemente simple, ușor de determinat cantitativ. Vom numi

Scanned with OKEN Scanner

aceste elemente indicatori, utilizaţi în multe discipline în care complicaţia sistemului nu permite alcătuirea unor modele simple şi utilizarea raţionamentului direct.

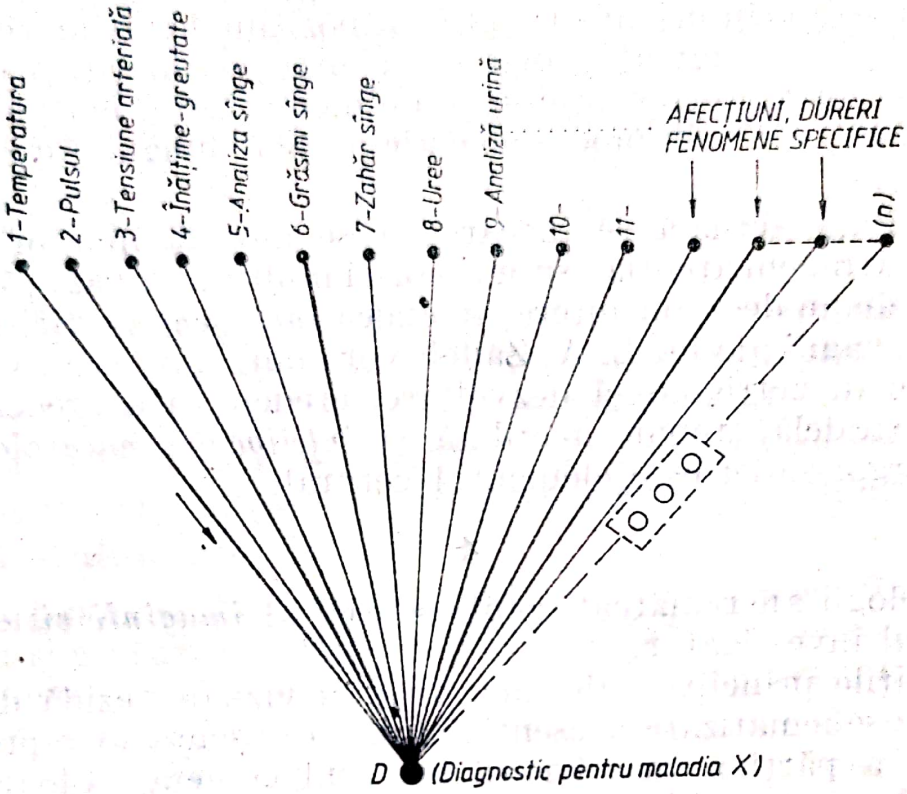


Fig. 34. — Un graf REI schematizînd un proces intelectual în determinarea diagnosticului clinic.

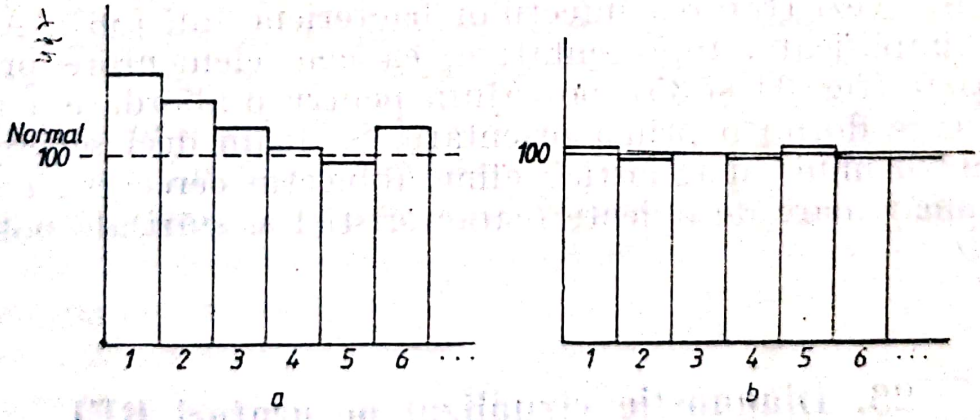


Fig. 35. — Imagini nodale ale grafului diagnosticului : *a* — informaţii asupra diferenţelor analizelor şi a indicaţiilor testelor faţă de normal ; *b* — aspectul imaginii pentru un om sănătos. Cifra 100 (sau 1), pe abscisă, arată nivelurile normale ale omului sănătos.

Scanned with OKEN Scanner

Să examinăm cîțiva indicatori utili medicului în cercetarea ce o face asupra cauzei unei boli a pacientului său :

i) *Temperatura corpului* este unul din primii indicatori. Dacă se depășește temperatura normală, medicul are în vedere o familie de cauze care determină asemenea stări.

ii) *Pulsațiile inimii* sînt la rîndul lor un indicator principal. Comparat cu „pulsul normal" el dă o localizare a maladiilor din familia posibilă pentru primul indicator (temperatura).

iii) *Diverse analize chimice* (sînge, grăsimile și colesterolul, ureea, zahărul, urina etc.).

iv) *Localizarea unor dureri, nevralgii* etc.

v) *Fenomene specifice anormale* ale pacientului.

Este evident că și asemenea indicatori ar putea fi reprezentați prin imagini geometrice al căror rol euristic nu poate fi contestat în activitatea medicului în fața aparatelor specializate de care se servește. Felul cum asemenea imagini trebuie alcătuite pentru ca medicul să fie pus în poziția de percepție optimală este o problemă interdisciplinară în care trebuie considerată atît cultura specifică a medicului specializat, cît și elementele generale ce sînt prezente în organizarea unor asemenea procedee (psihologie, fiziologie, aspecte tehnologice, posibilități electronice etc.).

*

Mai poate fi vorba, în asemenea cercetări pentru sisteme de o deosebită complexitate cum este omul, de schematizări tip REI cu corolarul lor IMAGINI NODALE? Să încercăm alcătuirea unui graf REI fixînd indicatorii în poziția variabilelor independente în nodurile de la capul ramurilor, iar caracterizarea sănătății (obiectul cercetat) în *nodul central*, care arată concluzia prin transmitanțele respective către acest nod reprezentativ al diagnosticului (figura 34).

Felul complicat în care se combină informațiile sosite la nodul central prin transmitanțele respective o face calculatorul cu program de diagnostic. El va defini certitudinea sau probabilitatea unei afecțiuni sau unor afecțiuni. Programul compară valorile analizelor și examenului medical la care a fost supus pacientul cu valorile normale, apoi selectează pe cele anormale, și iar compară depășirile cu valorile ce apar în gama de maladii depozitate în memoria calculatorului. Pentru a respecta în totul sugestii ergonomice, ieșirile din normal ale indicatoarelor ar putea fi redate pe ecranele calculatoarelor cu o culoare roșie în imaginea analoagă celei din figura 34. Transmitanțele ce pleacă de la nodurile 1, 2, ..., n, cu n numărul de teste efectuate, se pot stabili astfel (fig. 34) :

Scanned with OKEN Scanner

— Dacă testul e normal transmitanța e zero. Astfel, se indică starea normală, neafectînd diagnosticul.

— Dacă testul e sub sau deasupra normalului atunci *transmitanța* va comunica în nodul *D* maladiile și afecțiunile în care un asemenea fenomen poate fi manifest.

— Odată stabilite transmitanțele de către calculator, nodul *D* va primi de la nodurile *n*, fie un diagnostic precis cînd toate transmitanțele ar indica probabilitatea unei aceleiași boli, fie posibilități de afecțiuni care corespund la ieșiri din normal numai pentru o parte din indicatori.

— Dacă testele nu sînt concludente, calculatorul poate cere noi teste pentru noi indicatori sau repetări ale testelor vechi, conform programelor făcute de medicii specialiști.

Un graf REI identic ca topologie ca cel al diagnosticului va putea fi trasat odată ce maladia este diagnosticată. Sensul transmitanțelor se inversează iar nodurile *n* vor indica acum diversele consecințe ale maladiei asupra organelor, stărilor și comportărilor pacientului.

Bidirecționalitatea grafului REI va putea fi indicată și cu semafoare, cu săgeată de direcție, care ne sînt astăzi atît de familiare. Ele vor arăta circulația către sau de la nodurile *n*, pentru a indica sensul fluxului informațional. Natura nodurilor ne va fi indicată în ambele cazuri de calculatorul care are în memorie informațiile necesare. Astfel, va afișa indicatorii ce au hotărît diagnosticul și sînt un efect al maladiei (febra de exemplu), față de cei ce pot fi considerați cauze ale unei afecțiuni (o anumită indigestie etc.). În acest fel, programe alcătuite de somități medicale pot fi, astfel, valorificate pe scară largă de numeroși profesioniști, personal cu studii medii și chiar amatori.

În figura 35, graful REI mai poate fi completat și cu o figură corespunzătoare imaginii nodale care detaliază cantitativ informațiile sosite în nodul *D*. Cele *n* teste sînt reprezentate de dreptunghiuri a căror suprafață este proporțională cu valoarea indicatorului exprimată în procente din normal (notat 100 pe fig. 35).

În cazul unor indicatori normali, corespunzători unui om sănătos, linia în trepte a valorilor indicatorilor rezultă ca o linie paralelă cu axa absciselor (fig. 35 *b*) sau foarte puțin deviată.

*

Cu aceste două figuri geometrice (figurile 34 și 35) una fiind o schematizare *structurală REI*, iar a doua o detaliere *cantitativă* a concluziei (imagine nodală a informațiilor cu importanța lor), cercetătorul va putea participa intelectual prin simplă inspecție vizuală

Scanned with OKEN Scanner

a ecranului calculatorului la analiza situației. Astfel, un cercetător avizat va descoperi eventual noi caracteristici sau căi de lămurire a detaliilor semnificative. Dacă am citat acest exemplu a fost pentru a pune în evidență posibilitățile de schematizare simplă în multiple domenii a celor două concepte: graf REI și Imaginea nodală. Din acest exemplu se pot detașa aspectele specifice foarte variate pe care le pot lua asemenea schematizări generale în analiza unui sistem sau altul, ce nu permit formalizări matematice.

Am ales o problemă de diagnostic deoarece o asemenea problemă mi s-a părut accesibilă, într-o oarecare măsură, oricărei formații intelectuale și va fi ușor pricepută. *Fiecare dintre noi este și un medic amator al propriului lui organism*, mai ales cînd avansează în vîrstă.

Trebuie însă să repetăm că asemenea schematizări trebuie să respecte obiceiurile intelectuale cîștigate deja în disciplina respectivă.

În exemplul „diagnosticului" am putut forma grafuri REI (fig. 34) și o diagramă geometrică ce corespunde imaginii nodale. Această diagramă arată gradul de depărtare de la normal într-un sens sau altul. Ne vom opri aici, ca completare la paragraful 15, nefiind competent pentru exemplificări din alte domenii în care studii pe această cale ar cere o cunoaștere aprofundată a domeniului și oarecare inventivitate, mai ales dacă apelăm și la creionul luminos în activitatea euristică a cercetătorului în dialogul cu calculatorul.

24. Graful REI — schematizarea cea mai simplă a fluxului informațional

24.1. *Importanța „independenței" grafului REI.* Este evident că sistemele complexe și întinse vor putea fi analizate mai ușor atunci cînd pot fi descompuse în subsisteme simple, ce pot fi analizate *independent* în cazul în care se cunosc sau se definesc frontiere cu caracteristici cunoscute. Este greu de stabilit o rețetă magică pentru alegerea unui model cu calități euristice pentru realitatea modelată. Forma radială (R) și condiția de echivalență (E) a unui graf simplu și standardizat sînt elemente accesibile ușor cercetătorului; calitatea principală a grafului REI rămîne INDEPENDENȚA (I) față de sistemul din care a fost extras, *formînd un subsistem*. Să examinăm cîteva din exemplele de scheme și grafuri REI prezentate ca exemplu în această lucrare, pentru a ne fixa clar calitatea schemei de *indepen-*

Scanned with OKEN Scanner

dență față de sistemul exterior. Ea rămîne reprezentativă în interiorul ei cu DEPENDENȚA dintre nodurile interne ce formează cu nodurile de frontieră un subsistem simplu de tip REI.

În figura 1 *b* nodurile de frontieră ale *schemei* REI de admitanțe capătă independență față de sistemul exterior prin aplicarea tensiunilor reale nodurilor *A*, *B*, ... ale schemei echivalente pentru regimul de referință din care a fost extrasă această schemă.

În figura 2 *a* și *b* calitatea de independență rezultă din poziția variabilelor independente ale grafurilor REI formate în sistemul analizat. Starea acestor grafuri este independentă de starea sistemului exterior ce pleacă de la nodurile de frontieră (*1*, *2*, *3*, *4*, *5* în cazul fig. 2), deoarece aceste noduri reprezintă variabile independente ce hotărăsc prin starea lor și sistemul exterior, independent de subsistemele REI formate.

În numeroasele exemple expuse în această lucrare pot fi făcute considerații similare pentru justificarea „independenței" subsistemelor tip REI formate și a interdependenței nodurilor interne (vezi figurile 7—10).

În figura 21, schema REI a nodului *1* extrasă dintr-un sistem electric cu trei noduri generatoare este independentă de restul sistemului care a fost redus prin liniarizare. Independența o asigură aplicarea tensiunilor reale (modul și fază) nodurilor generatoare schemei radiale formată dintr-o rețea de admitanțe (caz identic cu fig. 1 *b*).

În figura 22 *b* schema REI echivalentă redusă pleacă de la nodurile de frontieră *m'*, noduri cu tensiunile reale și injecțiile din exterior, idem, fiind astfel independentă de restul sistemului. Același lucru arată schema 23 *b* în care s-a format un nod al sarcinii unice *e*. Nodurile generatoare *m'* frontieră a schemei REI ce s-a format (ramurile radiale) nu au fost trasate, pentru simplificare.

În figurile 24, 25, 26 în mod identic ca mai sus, starea reală a nodurilor de frontieră care sînt noduri reale asigură *independența* schemelor REI formate în interiorul frontierelor.

24.2. *Grafuri REI bidirecționale.* În figura 33 schemele *c* și *d* pot fi denumite grafuri REI, ramurile luînd termenul general de „transmitanțe". Ele respectă conceptul REI din moment ce nodurile de la frontierele lor au stări identice cu ale nodurilor reale și sînt prin aceasta către interior independente de sistemul din care au fost extrase. Grafurile de fluență pot fi formate și ele cu topologii identice datorită supleței lor, după cum am văzut în paragraful 16. Valorile sau expresiile ce rezultă pentru transmitanțele parcursurilor la aceste grafuri le depărtează însă adesea de reprezentări sugerînd dependențe

Scanned with OKEN Scanner

apropiate de natura reală a influenţelor şi interacţiunilor dintre noduri. De asemenea, transmitanţele pot lua direcţii diferite faţă de nodul cercetat (bidirecţionalitate).

★

Ajungem astfel la graful *diagnosticului* din figura 34. Formarea grafului REI nu are aici nimic particular. Obiectul ce se cercetează, diagnosticul reprezentat de nodul central, primeşte prin transmitanţele respective informaţiile nodurilor de la capetele radiale. Transmitanţele au o natură specifică *dependentă* direct de nodul de la care pleacă. Ele adaugă ceea ce interesează nodul la care ajung, care este nodul analizat. Aceste transmitanţe determină programele calculatorului echipat cu memoria necesară. Independenţa grafului de tot ce este exterior sistemului cărui aparţin mărimile reprezentate de noduri este evidentă, tot aşa cum este evidentă dependenţa nodului central de nodurile razelor radiale cu ajutorul transmitanţelor respective.

Aceeaşi schematizare REI poate fi formată cu fluxul informaţional inversat, în probleme de analiză a influenţei nodului central (fostul nod analizat) asupra nodurilor de la capătul ramurilor radiale.

24.3. *Generalizare.* Să reconsiderăm definiţia simplă a unui sistem, de orice natură ar fi el, ca un ansamblu de obiecte unite printr-o regulă de interacţiune sau interdependenţă între ele (vezi paragraful 10).

Plecînd de la această definiţie, conceptul REI schematizează *vizualizarea* în cazul particular al analizei *unui obiect* cuprins într-un sistem. Schematizarea în scopul unei asemenea analize poate fi considerată ca general aplicabilă chiar la sisteme abstracte, pe care le *vitalizează* prin geometria rezultată.

Această schematizare REI rămîne întotdeauna aceeaşi, în orice analiză ce se doreşte „vizualizată" pentru uşurinţa cercetătorului. *Imaginea nodală* reprezentativă pentru înţelegerea intuitivă şi euristică a cercetătorului rămîne o problemă particulară de adîncă specialitate. Ea nu poate fi realizată decît de cunoscătorul domeniului, cu obiceiuri deja cîştigate în raţionamente directe, care trebuie sugerate de „imaginea nodală" specializată; numai astfel imaginea va putea sugera cercetătorului idei noi.

Imaginea nodală fiind o concepţie dual ă grafului REI cuprinde în general contururi şi forme poligonale, de multe ori dinamizate pe ecranele calculatoarelor în relaţia om-maşină.

Scanned with OKEN Scanner

25. Probabilităţi, statistică şi informatică. Importanţa modelului reprezentativ

Teoria probabilităţilor, statistica matematică şi recent informatica au apărut succesiv din necesităţi şi preocupări ale societăţilor omeneşti în evoluţia lor organizatorică. Teoria probabilităţilor este considerată ca iniţiată în jurul anilor 1650 de marchizul G. B. de Mere (Franţa), fin intelectual şi amator pasionat de jocuri de noroc. Pascal a fost apoi sesizat de preocupările marchizului în legătură cu hazardul. „Teoria probabilităţilor" a intrat astfel în preocuparea oamenilor de ştiinţă. Statistica matematică poate fi considerată o dezvoltare ştiinţifică spectaculoasă a acestor prime preocupări. „Statistica matematică" porneşte de la rezultate evaluînd probabilităţi şi prin metode inductive obţine informaţii asupra legilor care le guvernează. În fine, „informatica" modernă, apărută odată cu inteligenţa artificială, apare ca o încoronare a analizei sistemelor şi poate fi definită ca ştiinţa tratării raţionale şi automate a informaţiei.

Toate aceste teorii larg aplicate astăzi şi familiare oamenilor de ştiinţă nu prezintă particularităţi în legătură cu ergonomia. Toate utilizează din plin inteligenţa artificială căreia îi sînt tributare. Alegerea modelului rămîne şi în aceste discipline problema principală. Modelul ales, cu caracter ergonomic, va trebui să poată pune în evidenţă fie aspecte cauzale, fie probleme de comportare sau reprezentative ale stărilor finale interesante. Probabilitatea evaluată simplu printr-o cifră cuprinsă între zero (eveniment imposibil) şi unu (eveniment sigur) poate fi uşor exprimată, asociată modelului reprezentativ. Lucrurile sînt cu totul altele în cazul teoriei mulţimilor fuzzy (vezi [55]).

26. Concepte fuzzy (vagi)

Siguranţa în gîndirea noastră asociată în mare măsură creierului electronic, pe care ne-o prilejuieşte cunoaşterea, apare astăzi ca o consecinţă a dezvoltării spectaculoase a ştiinţei în toate domeniile, începînd în primul rînd cu matematica. Dar omul a raţionat din cele mai vechi timpuri, chiar atunci cînd cunoştinţele lui despre lume se rezumau la informaţiile pe care le obţinea direct de la simţurile sale din mediul apropiat în care vieţuia. Începuturile unei

Scanned with OKEN Scanner

gîndiri abstracte o regăsim la greci, la fenicieni, la babilonieni, la egipteni etc. Aceste semne îndepărtate ale unei cunoașteri orientativ științific, arată că s-a plecat de la stări ancestrale. Omul își conducea comportarea sa într-o lume primitivă pe care nu o cunoștea dincolo de limite foarte înguste, față de universul în care trăim astăzi.

Marii greci : Socrate, Platon, Aristotel etc. au format o filozofie a gîndirii („teoria ideilor") în care cifrele erau fără rol, dar prin „dialectică" ca metodă se ajungea la adevăr.

*

Este interesant de observat că pornind pe un drum invers celui parcurs în dezvoltarea spectaculoasă a matematicii moderne, Zadeh ajunge la un ansamblu de noțiuni numite „fuzzy" („mulțimi fuzzy" denumite curent în matematică modernă) care par la prima vedere o reîntoarcere la noțiunile primare, ancestrale, ce se utilizau în epoca primitivă a gîndirii ilustrată la greci prin „teoria ideilor". Astfel noțiuni ca : indispus, întuneric, verde, simpatic, mediocru, fierbinte etc., aparțin mulțimilor fuzzy (vagi). Ele apar astăzi imprecise în utilizarea creierului electronic. Totuși astfel de noțiuni au permis omului din cele mai vechi timpuri să raționeze, *să ia decizii în stările și comportamentul său*. Mai trebuie să adăugăm că și în viața de toate zilele acest proces este permanent continuat în împrejurările prin care trecem. Dialogul nostru cu calculatorul, în care noi dorim poziții optimale nu ar avea decît de cîștigat dacă inteligența artificială ar putea să participe utilizînd aceleași „variabile" necifrice ce ne sînt familiare din cele mai vechi timpuri și pe care cu siguranță nu le vom părăsi în activitatea noastră curentă. Această posibilitate ar deschide un nou drum inteligenței artificiale în dialectica sa cu omul, împlinind aspecte ce rămîn pentru noi artificiale prin distanța lor față de limbajul nostru, care prin „imprecizia" lui se referă la noțiuni cu altă întindere decît expresiile cifrice.

Dacă fenomenul aleator apare ca un fenomen ce poate fi „măsurat" cu ajutorul mărimilor probabilistice, noțiunea „fuzzy" ne apare ca o categorie ce corespunde în mod real unei noțiuni existente în gîndirea noastră, bine determinată și utilizabilă de inteligența umană într-un mod generalizat. Mulțimile „fuzzy" apar astfel cu o corespondență directă cu elementele naturale ale gîndirii și ca componente naturale ale raționamentelor noastre. Se poate afirma că aceste componente esențiale ale gîndirii, apărute odată cu dezvoltarea ființei umane, ar trebui considerate și ele așa cum face Zadeh, ca elemente fundamentale în organizarea „inteligenței artificiale" care trebuie adaptată la gîndirea noastră sub forma cea mai comodă

Scanned with OKEN Scanner

și nu invers. Aportul unei asemenea adaptări în poziția ergonomică a omului în fața noii mașini apare evidentă.

Trebuie să mai adăugăm că programatorii de astăzi și cei ce contruiesc creiere electronice au preocupări ergonomice pentru „inteligența artificială" într-o măsură insuficientă după părerea noastră. Dăm ca exemplu o excelentă lucrare a lui P.H. Winston (Massachusetts Institute of Technology), Inteligența artificială [55], care insistă asupra analogiilor geometrice și posibilitatea înlocuirii lor cu scheme semnificative în care „cunoașterea este înscrisă în legăturile și nodurile unei rețele". În metodele de bază pentru „căutare" procedeele ramifică și înlănțuie, și/sau... etc., sînt reprezentate de arbori, din familia rețelelor, care stabilesc analogii în căutările „în adîncime" sau cele pe „nivel". Programatorii cît și oamenii de cultură din variate domenii vor găsi idei prețioase și căi valoroase de înțelegere cu „inteligența artificială". Totuși, fără a neglija nimic din ce se poate atribui azi inteligenței artificiale, nu rezultă nici o preocupare de a apropia cît mai mult posibil în dialogul dintre mașină și om comunicarea mașinii prin conceptele numite de noi „ancestrale".

Utilizarea acestor concepte care ar pune evident inteligența umană în poziție optimă, apropiind dialogul de un concret care-i este familiar, pare a fi drumul nou ce ar putea rezulta din teoria *mulțimilor fuzzi*. De aceea, am ținut să insistăm în această lucrare despre ergonomie asupra conceptelor lui Zadeh ce ni se par deosebit de prețioase.

27. Ergonomia în cercetarea „noului"

27.1. *Punerea problemei.* În acest eseu s-a încercat o lărgire a termenului *ergonomie* atunci cînd este vorba de o relație om-inteligență artificială. Puternica manifestare și importanță a creierului electronic în revoluția tehnico-științifică prin care trecem reclamă un înțeles cuprinzător în pragul anilor 2000. De aceea am subliniat în partea întîi (paragraful 5) interesantele considerații din eseul [7] care pot da un important ajutor în punerea corectă a problemei. Confortul omului în fața calculatorului într-o lume în care conducerea și organizarea îi este cel puțin asociată, dacă nu trecută chiar în anumite sectoare în sarcina creierelor electronice, pune numeroase probleme ce au o relație evidentă și de mare importanță aparținînd ergonomiei intelectuale.

Scanned with OKEN Scanner

27.2 *Sisteme reprezentate de modelul „rețea"*. Ne-am oprit la definiția (vezi paragraful 10.4) în care un sistem este „un ansamblu de obiecte unite prin regulă de interacțiune sau interdependență". Această definiție poate fi asociată cu o geometrie tip rețea în care obiectele sînt nodurile rețelei, iar interacțiunea și interdependența o reprezintă ramurile ce leagă nodurile. Este evident că o asemenea reprezentare nu este întotdeauna satisfăcătoare. Ea rămîne totuși intuitivă în multe cazuri în care obiectele cuprinse în sistem sînt înțelese în sensul cel mai general, iar legăturile dintre ele idem. În ceea ce privește rețeaua, ea poate lua formele cele mai variate, pornind de la scheme radiale, circulare, buclate, arborescente, formate conform unor reguli fixe sau stohastice, cu variate semnificații ale nodurilor și ramurilor dintre ele. Am insistat asupra a două familii de rețele ce pot fi reprezentative pentru reprezentări și cercetări în anumite sisteme:

Rețelele REI (sau grafuri REI) ce reprezintă cu succes cu ajutorul unor geometrii ergonomice simple sisteme electroenergetice și alte sisteme.

Rețelele *grafurilor de fluență* cu multiple posibilități de aplicații ergonomice, care după părerea noastră sînt astăzi departe de a fi fost puse în valoare.

Să enumerăm pe scurt cîteva constatări și concluzii:

27.3. *Grafuri REI*. În cazul rețelelor electrice, denumirile încetățenite deja au fost păstrate (scheme, rețea REI, admitanțe etc.), am insistat asupra efectelor ergonomice care pot fi obținute de specialiștii domeniului (vezi paragraful 19) cu bogatele informații obținute pe ecranele de vizualizare. S-au mai prezentat și cîteva cazuri simple din alte domenii în care pot fi utilizate concepte REI (economie, mecanică, vezi paragraful 15) precum și prime abordări cu schematizări REI în domenii diferite (vezi fig. 34 și 35). În cazul rețelelor arborescente ce au fost larg exemplificate (fig. 29, 30, 31, 32, 33) se pot și aici asocia „secvențe REI" ca elemente componente în asemenea formații.

Dacă într-un scenariu ne referim la schematizarea unor evenimente sau succesiuni de seecvnțe, figura reprezentativă poate rezulta ca o rețea arborescentă. O secvență „graf REI" păstrînd regula „independenței" asupra căreia am insistat ar putea ușura analiza etapei respective.

Părăsind domeniul rețelelor de energie, conceptele REI cît și cel al imaginilor nodale pot conduce la abordări sugestive cum sînt cele economice (fig. 8 și 9) și cele ale „diagnosticului" (vezi fig. 34 și 35), date de noi ca exemplu, care vor ajuta poate la dezvoltări interesante în domeniul respectiv.

Scanned with OKEN Scanner

27.4. *Grafuri de fluență.* Dacă pentru grafurile REI am putut adăuga o anexă în scopul demonstrării eficienței „imaginilor nodale" în domeniul limitat al sistemelor electroenergetice, trebuie să afirmăm cu regret că bogăția posibilităților de sugestie „vizuală" a grafurilor de fluență nu a fost încă dezvoltată în multiplele domenii în care teoretic poate avea aplicații. Supleţea acestor grafuri în reprezentări tip rețea precum și simplificări ce s-ar putea obține prin liniarizare (Fourier, Laplace) etc. ar putea conduce la schematizări clare a proprietăților și calităților pentru un sistem sau altul. Școala canadiană [19, 24] a pus bazele acestor rețele suple în care nodul și ramura au mari posibilități de reprezentare. Ele pot constitui și rețele reprezentative ale feedback-ului, concept fundamental al ciberneticii. Sistemul nervos este el însuși un sistem cibernetic în care „reacțiunea" apare la tot pasul [42]. Dincolo de grafurile de fluență, conceptul de graf în general aparține tot „modelului rețea", așa cum a fost arătat într-o interesantă lucrare unitară [25]. Conceptul „vizualizării", pe care îl socotim calitate principală a modelelor rețea, este un element esențial în ergonomia intelectuală.

27.5. *Multiplele specialități ale unei discipline.* Cu dezvoltarea impetuoasă a științei, specialistul știe din ce în ce mai mult despre din ce în ce mai puțin. Acestei înțelepte butade i se asociază necesitatea adîncirii noțiunilor specifice unei specialități și chiar diferențieri ale limbajului. Dar chiar în domenii de un interes mai general, necesitatea diferențierii este prezentă. O agendă medicală este citită și pricepută cu greu de intelectualii ce nu aparțin domeniului, chiar dacă sînt interesați. Astfel ergonomia intelectuală trebuie într-un fel să fie manifestă și în circumstanțe de această natură. Sîntem încă în epoca în care programatorii sînt preocupați în primul rînd în scurtarea muncii ordinatorului. O puternică acțiune paralelă de a însoți oricărei participări a inteligenței artificiale bogate mijloace ergonomice apare de prim interes, în special pentru ceea ce ar conduce la minimizarea inconvenienţelor subliniate în eseul [7], asupra căruia ne-am oprit cu insistență (vezi paragraful 5).

27.6. *Obiceiuri ancestrale cu adaptări la prezent și conceptele fuzzy, componente ergonomice în perspectivă?* La paragraful 25 am insistat asupra necesității respectării obiceiurilor ancestrale, așa cum rezultă și din [7], pornind de la considerații diferite. De asemenea, unele adaptări la prezent, în care am căpătat ades gesturi reflexe, trebuie considerate în problemele de ergonomie intelectuală. Dăm ca exemplu semaforul, cu care ne-am obișnuit cu toții în epoca industrială. Cele trei culori ce sugerează generalizat : roșu (oprește), galben (oprești sau nu după poziția la schimbare), verde (treci), pot fi utilizate cu același înțeles și în unele reprezentări. Am schițat,

Scanned with OKEN Scanner

ca exemplu, în figura 34 pe o ramură un semafor. El vrea să semnifice că „transmitanţa" s-ar putea reduce într-un asemenea graf la *da*, *poate* sau *nu*, în ceea ce priveşte influenţa nodului respectiv asupra nodului central (obiectul cercetat=diagnosticul). Am asociat aceste două noţiuni ale obiceiurilor ancestrale şi ale celor ce pot condiţiona reflexe, conceptele noi fuzzy, care ar putea avea un mare viitor într-o ergonomie intelectuală a viitorului. Apropierea posibilităţilor ordinatorului de manipulare a conceptelor vagi [54], nemăsurate, aşa cum o face omul în viaţa de toate zilele, *ar aduce o apropiere de natură între cele două inteligenţe. Valoarea unei asemenea „înrudiri" este evidentă.*

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A CINCEA

Cercetări incrementale pe imaginea nodului pentru anumite familii de „modele rețea" (electricitate, gaz, apă, comunicații)

Fenomenele electrice au servit în multe domenii ca model pentru cercetători. Să citățm strălucitele cercetări ale savantului român George (Gogu) Constantinescu [63] autor al teoriei sonicității, care a folosit fenomenele electrice în simulări ce au stat la baza elaborării teoriei ce a creat.

Rețelele electrice la rîndul lor pot sugera idei noi în multe domenii ce sînt organizate într-o topologie tip rețea. Să numim deocamdată rețelele de gaz, de apă, și chiar cele de comunicații, în speță cele ce vehiculează informații de la un centru la altul, toate pot fi considerate, și reprezentate cu modelul rețea a cărei topologie este adesea identică. Dificultatea în noile domenii amintite o fac legile după care evoluează domeniul, care în general sînt complexe și întotdeauna neliniare. Ecuațiile incrementale cu conținutul unei „părți principale" constituie în fond o aproximație eficace pentru creșteri (pozitive sau negative) în general mici ale variabilelor. Astfel „liniarizarea" devine de multe ori posibilă și permite cercetări interesante cu asistența calculatorului și reprezentărilor geometrice sugestive.

Vom examina și aplicarea ecuațiilor incrementale tot în rețelele electroenergetice pe care le cunoaștem, în credința că procedee similare pot fi utilizate și în problemele specifice altor tipuri de rețele asemănătoare (gaz, apă etc.).

Scanned with OKEN Scanner

28. Increment

Reamintim cîteva noţiuni [58]: se numeşte „increment" o schimbare produsă de un adaus dat unei anumite valori a unei variabile. Acest adaus, în general mic, poate fi pozitiv sau negativ. Astfel, pentru funcţia $f(x)$ de variabilă independentă x, incrementul Δf va rezulta prin considerarea incrementului variabilei x notat cu Δx

$$\Delta f = f(x + \Delta x) - f(x), \tag{22}$$

sau

$$\Delta f = f'(x)\,\Delta x + \varepsilon \Delta x, \tag{23}$$

în care derivata $f'(x)\,\Delta x$ este *partea principală* a incrementului, iar ε este un infinitezimal care se apropie de zero atunci cînd Δf se apropie de zero.

Dacă sînt două variabile independente x şi y, cum poate fi cazul în aplicaţia pe care o vom prezenta, atunci

$$\Delta f = f(x + \Delta x, y + \Delta y) - f(x, y), \tag{24}$$

de unde rezultă

$$\Delta f = \left(\frac{\partial f}{\partial x} \Delta x + \frac{\partial f}{\partial y} \Delta y \right) + (\varepsilon_1 \Delta x + \varepsilon_2 \Delta y), \tag{25}$$

în care intră derivatele parţiale în raport cu x, respectiv y, plus termenul cu infinitezimalele ε_1 şi ε_2 care se apropie de zero cînd Δx, respectiv Δy se apropie de zero. Partea principală rămîne primul termen al expresiei (25) care conţine derivate parţiale.

★

Funcţiile corespunzătoare sarcinilor din reţelele electroenergetice sînt adesea aproximate ca impedanţe în ecuaţiile de stare ale acestor reţele (liniarizare). Acest lucru se face deoarece chiar sarcinile care s-ar îndepărta de natura unor impedanţe pot fi descompuse în componente dintre care impedanţa ocupă un loc important. În orice

Scanned with OKEN Scanner

caz, în incrementul funcţiilor de variabile independente *partea principală* o alcătuieşte mai departe, în relaţia (25), prima paranteză din membrul doi cu derivatele parţiale. Imaginea nodală se întocmeşte pentru regimuri cunoscute cu sarcinile liniarizate (impedanţe).

28.1. *Reţea de reactanţe.* În general pierderile de circulaţie în reţelele de energie reprezintă un procent mic din totalul puterilor produse, mai ales dacă sînt reţele de înaltă tensiune (X/R mare). O bună aproximaţie se obţine considerînd totalul pierderilor din regimul respectiv, repartizate în nodurile cu sarcini la capătul liniilor. Sarcina capătă astfel un procent mic în plus, adăugat sarcinii reale. Nodurile generatoare vor acoperi bineînţeles sarcinile astfel mărite. Legăturile dintre noduri rămîn reactanţe, astfel în bilanţul puterilor se aproximează bine bilanţul real. În acest mod, simplificările pe care le aduce reţeaua de reactanţe sînt spectaculoase (fig. 36 comparată cu fig. 37 arată simplificările) *.)

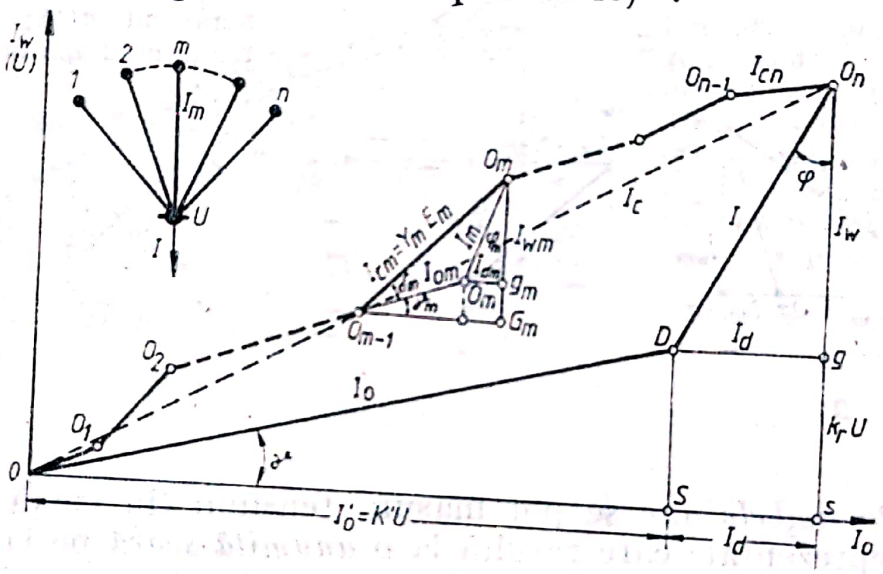


Fig. 36. — Imagine nodală pentru o reţea de impedanţe.

28.2. *Vizualizarea grafică a variabilelor semnificative.* Imaginea nodală este o diagramă de curenţi [15]. În cazul axelor rectangulare se vor reprezenta (fig. 37):

a) Pe *axa absciselor* se reprezintă curenţii reactivi şi componentele reactive ale curenţilor care pot fi măsuraţi de segmente formate pe axă sau pe laturi paralele cu această axă.

---

*) În reţelele de înaltă tensiune imaginea nodală rezultă similară reţelelor de reactanţă, fără precauţiunile luate pentru mutarea pierderilor liniilor în noduri, deoarece segmentul *Og* (fig. 21) face un unghi foarte mic cu axa absciselor (unghiul γ din fig. 36).

Scanned with OKEN Scanner

b) Pe *axa ordonatelor* se reprezintă curenţii activi şi componente active ale curenţilor activi care pot fi măsuraţi de segmente formate pe axa ordonatelor, sau segmente paralele cu această axă.

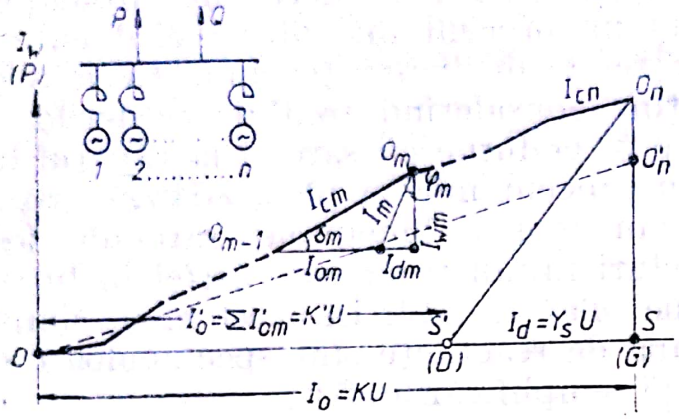
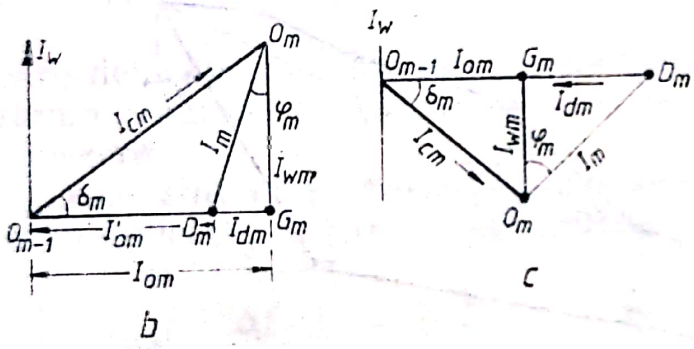


Fig. 37. — Imaginea nodală a unei reţele de reactanţe (X/R mare) (a); generatorul m (b); reprezentarea unui motor (m) (c).



c) Pe *ambele axe* se pot măsura tensiuni (în speţă tensiunea nodului reprezentat) care rezultă la o *anumită scară* pe laturi cunoscute ca reactanţă sau rezistenţă traversate de curenţii reactivi, respectivi activi, cunoscuţi. În general tensiunea nodală în cazul reţelelor de reactanţă se poate măsura chiar pe axa absciselor (fig. 38).

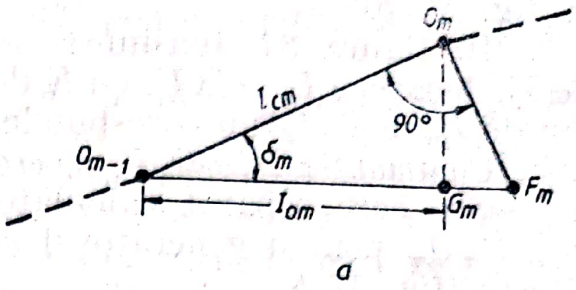
d) Suprafeţele formate de paralelograme sau cea formată de triunghiul cu aria egală cu jumătate din suprafaţa paralelogramului (fig. 38 *c*, triunghiul $O_{m-1}\,G_m O_m$) pot reprezenta puteri active (P_m), sau reactive (Q_m), la scara ce rezultă pentru suprafeţe.

Pentru detalii asupra paragrafelor a, b, c, d, de mai sus, se pot consulta lucrările [15], în limbi străine (franceză, engleză, rusă — capitolul 6), sau în limba română ([17] anexa A).

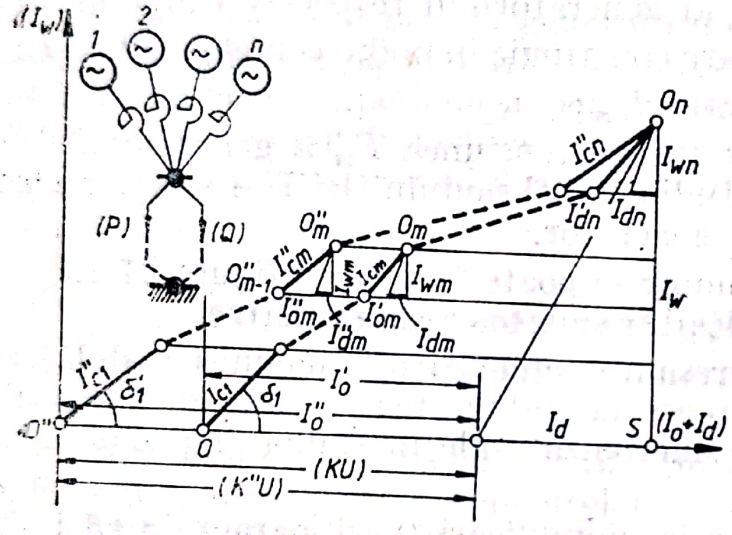
Din cele de mai sus, se vede clar că se pot alege ca *variabile independente* curenţii activi sau reactivi şi tensiuni al căror increment

Scanned with OKEN Scanner

(ΔI, ΔU, $\Delta\delta$, ΔE etc.) poate fi figurat simplu pentru un regim reprezentat pe imagine.

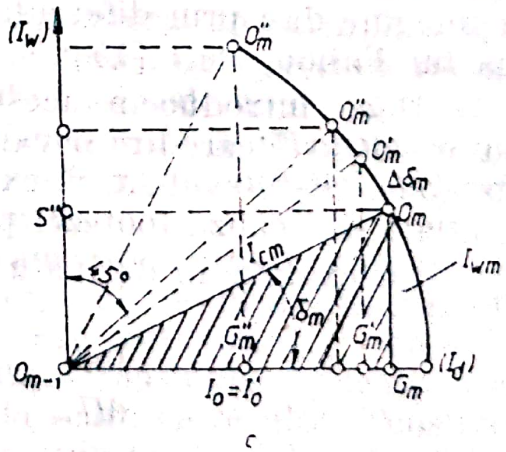


a



b

Fig. 38. — Indicațiile imaginii nodale : *a* — citirea directă a criteriului dQ/dU ; *b* — linia vectorilor OO_n și $O''O_n$ înainte și după reglajul tensiunilor ; *c*— citirea puterilor ce corespund suprafețelor.



c

Analiza nodală *găsește astfel o cale ergonomică simplă* ce poate fi prezentată direct de ordinator pe ecran în mărimi ce pot fi exprimate în unități relative.

Scanned with OKEN Scanner

28.3. *Analiza nodală utilizînd geometria imaginii.* Calculatorului i se poate cere imaginea completă sau numai părţi din ea, interesînd problema cercetată (de exemplu un singur generator ca în fig. 37 *b*).

În figura 37 tensiunea nodului analizat poate fi măsurată de I'_0, deoarece $I_0 = KU$, cu K de natura unei susceptanţe cunoscute, sau de I'_0, dacă I_a nu corespunde legii de variaţie a unei susceptanţe.

Contribuţia fiecărui generator în curentul nodului analizat se poate cere separat calculatorului care va prezenta triunghiul $O_{m-1} G_m O_m$ pentru generatorul m, de exemplu. Pe acest triunghi se citeşte (fig. 37 *b*):

— factorul de putere al generatorului respectiv (unghiul φ_m);

— curentul activ cu care contribuie în nodul cercetat, adică I_{wm};

— idem curentul reactiv I_{am};

— unghiul δ_m pe care îl face tensiunea E_m a generatorului cu tensiunea U a nodului în studiu sau al nodului REI al sarcinii unice a unei zone alimentată de generator.

Reprezentarea unui motor se poate face ca în figura 37 *c*.

Indicaţiile derivatei $\mathrm{d}Q/\mathrm{d}U$ sînt foarte instructive.

Printre cele mai interesante cercetări pe imaginea nodală trebuie considerată cea referitoare la stabilitatea statică, cu indicaţiile ce le dă asupra cuplurilor sincronizate ale maşinilor şi posibilităţile regimului respectiv.

Considerăm următoarele simplificări (vezi paragraful 6.4 din [15] (în limbi străine) sau anexa A din [16]): a — puterile active ale generatorilor sînt constante; b — curenţii de scurtcircuit figurînd în imagine dau prin diferenţa lor vectorială curentul sarcinii (teorema lui Fallou, vezi [15]).

Dacă introducem aceste condiţii obţinem expresia derivatei puterii $\mathrm{d}Q/\mathrm{d}U$ care are o valoare apropiată de zero pentru regimuri instabile. (Este evident că expresia derivatei puterii $\mathrm{d}P/\mathrm{d}\delta$ nu poate fi aflată din cauza ipotezei puterilor constante).

Să examinăm derivata $\mathrm{d}Q/\mathrm{d}U$, dedusă în [15] sau [17]

$$\frac{\mathrm{d}Q}{\mathrm{d}U} = \sum \frac{I_{cm}}{\cos \delta_m} - 2KU, \qquad (26)$$

unde K este o constantă de natura unei susceptanţe, egală cu $K = \sum_m y_m + y_s$, pe care am numit-o susceptanţă nodală în reţelele de reactanţă (y_s — susceptanţă, corespunde curentului reactiv).

Scanned with OKEN Scanner

Termenul $2KU$ poate fi reprezentat de $2I_0$ ($O_{m-1}G_m = I_{om}$ fig. 38 *a*) măsurat la scara curenților. Această expresie poate fi citită pentru fiecare generator.

În figura 38 *a*, expresia lui dQ/dU poate fi citită astfel, pentru generatorul m:

— primul termen ($I_{cm}/\cos\delta_m$) corespunde segmentului $O_{m-1}F_m$;

— al doilea termen este segmentul $O_{m-1}G_m$ (curentul I_0).

Se observă pe diagramă că $I_{cm}/\cos\delta_m$ este egal cu $2I_{0m}$ atunci cînd unghiul $\delta = 45°$ și regimul este instabil (vezi fig. 4 unde s-au figurat trei generatori cu unghiuri de 45°, cazul în care regimul rețelei din jurul nodului studiat este instabil).

În același timp poziția generatorilor în lanțul de fazori al unei imagini nodale a unui nod REI de sarcină, sau a unui nod cercetat, indică generatorii „periculoși pentru stabilitatea regimului" (δ_{mare}), precum și cei ce pot fi încărcați mai mult (δ_{mic}), și contribuția lor la sarcina considerată în nodul analizat (fig. 37, 38).

29. Introducerea reglajelor, tensiunilor și puterilor generatorilor

Rezumăm cîteva concluzii (detalii în [15] și [16]) indispensabile pentru utilizarea incrementelor.

29.1. *Reglajul tensiunilor.* El se introduce prin micșorarea reactanței (creșterea susceptanței) generatorului, care în stadiu fără reglaj corespunde reactanței sincrone. Micșorarea acestei reactanțe, care se restabilește la o nouă valoare (tranzitorie de exemplu), aproximează în modul reglajul tensiunii și modifică deci rețeaua radială, căreia îi mărește admitanța. În figura 38 *b* se vede noul regim $O''O_n$ în care toți generatorii au căpătat o micșorare a unghiului δ. Pe aceeași cale, micșorarea tensiunilor aplicate (E_m) conduce la o mărire a unghiului δ (mai defavorabil stabilității).

29.2. *Reglajul puterilor.* În diagrama de curenți, curenții (I_a și I_w) reprezentați pe cele două axe corespund curentului format prin aplicarea unei tensiuni reactanței sau rezistenței. Cunoscînd curentul măsurat pe diagramă, se deduce tensiunea aplicată. Segmentul respectiv va măsura tensiunea la scara ce rezultă. Tensiunea și curentul sînt măsurate pe axe diferite (dreptunghiulare sau chiar oblice, vezi fig. 43), iar paralelogramul (sau jumătate din suprafața lui, adică aria unui triunghi ce se formează) va măsura puterea activă sau reactivă prin suprafața sa și va putea fi introdus astfel în probleme de reglaj (vezi fig. 38 *c*).

Scanned with OKEN Scanner

30. Studii cu ajutorul schimbărilor incrementale

Să reluăm formula (26) care nu s-a putut determina și pentru puterea activă ($\mathrm{d}P/\mathrm{d}U$) și să încercăm rezolvarea ei pe cale „incrementală". Considerăm un caz simplu.

30.1. *Generator alimentînd un nod cu putere activă*, $I_d = 0$. Nodul poate fi un nod de sarcină sau, mai spectaculos, cu sarcină unică.

În acest caz, formăm imaginea nodală (fig. 38 *c*) astfel:

— Curentul ce alimentează nodul cercetat este activ (I_{wm}) (cel reactiv este neglijabil).

— Tensiunea U a nodului cercetat scade în timpul înrăutățirii regimului.

— Tensiunea generatorului (E_m) nu variază, ci numai unghiul δ_m pe care îl face cu tensiunea U.

Astfel, rezultînd curentul de scurtcircuit în sarcină care rămîne constant. Curentul $I_0' = I_0$ (pentru susceptanța $y_s = 0$, deoarece $I_d = 0$) și segmentul $O_{m-1}G_m$ va măsura tensiunea U la scara ce rezultă ($U = I_0/K$) (K este o constantă — susceptanța liniei).

— Puterea P_m se măsoară prin suprafața triunghiului $O_{m-1}G_mO_m$ (care este jumătate din aria paralelogramului $O_{m-1}G_mO_mS''$) la scara ce rezultă.

*

Considerăm variabilă independentă unghiul δ_m, care va fi reprezentat succesiv în noi stări în unghiul nou ce se formează $\delta_m + \Delta\delta_m$ și variabilele citite pe imagine (U, P_m, I_w etc.). Funcția P_m și incrementul ei ΔP_m au expresiile

$$P_m = (I_{cm}/K)\cos\delta_m \cdot I_{wm}, \tag{27}$$

I_{wm} poate fi și el exprimat funcție de δ_m, adică $I_{wm} = I_{cm}\sin\delta_m$, iar P_m rezultă

$$P_m = (I_{cm}^2/K)\cos\delta_m \sin\delta_m. \tag{28}$$

Deci ΔP_m, conform expresiei (22), devine

$$\Delta P_m = (I_{cm}^2/K) \cos(\delta_m + \Delta\delta_m) \sin(\delta_m + \Delta\delta_m) - \\ - (I_{cm}^2/K) \cos\delta_m \sin\delta_m, \qquad (29)$$

iar partea principală a lui ΔP_m este (expresia (23))

$$\Delta P_m = (dP_m/d\delta)\,\Delta\delta_m = (I_{cm}^2/K)(\cos^2\delta_m - \sin^2\delta_m)\,\Delta\delta_m. \qquad (30)$$

Această expresie este zero pentru $\Delta\delta_m = 45°$. Evoluția ei poate fi urmărită *) și pe figura 38 în care P_m este suprafața corespunzătoare unghiului δ_m. Pentru $\delta_m = 0°$, $\Delta P_m = (I_{cm}/K)\,\Delta\delta_m$, iar pentru $\delta_m = 180°$, $\Delta P_m = -(I_{cm}^2/K)\,\Delta\delta_m$. Trecerea lui δ_m prin unghiul de 45° conduce la inversarea semnului lui ΔP_m. Aceste rezultate se puteau examina și direct pe imaginea nodală astfel:

Dacă ținem seama că produsul $\sin\delta_m \cdot \cos\delta_m$, într-un triunghi dreptunghic cu δ_m unul din unghiurile ascuțite, este maxim atunci cînd δ_m este 45°, rezultă:

a) Cînd $\delta_m < 45°$ și creșterea $\Delta\delta_m \leqslant 45° - \delta_m$ incrementul ΔP_m este întotdeauna pozitiv și puterea P_m crește odată cu creșterea unghiului δ_m.

b) Cînd $\delta_m \geqslant 45°$ iar $\Delta\delta_m$ tot pozitiv, atunci incrementul ΔP_m devine negativ și puterea scade.

c) A treia situație se poate prezenta cînd $\Delta\delta_m$, din cazul a), are o valoare suficient de mare pentru a forma cu δ_m un unghi $\delta_m + \Delta\delta_m > 45°$. Atunci valoarea atinsă de P_m pentru unghiul $\delta_m + \Delta\delta_m$

---

*) Urmărirea pe imaginea nodală are avantajul că atît incrementele variabilelor cît și cele ale funcției reproduc legile de variație așa cum apar în „partea principală". Restricțiile impuse de geometria figurii prin locuri geometrice (cercuri, anumite segmente etc.) sînt sugestive și ușor de urmărit, odată cunoscută semnificația elementelor figurii. În figură [40] sînt prezentate locuri geometrice ce pot fi folosite în asemenea cercetări.

ar putea fi mai mare sau mai mică decît cea inițială. Se determină noua valoare a lui P_m prin măsurarea suprafeței triunghiurilor respective $O_{m-1}G_mO_m$ și $O_{m-1}G'_mO'_m$ și efectuînd diferența. Observăm două situații: puterea P crește pînă ce $\delta = 45°$ și atinge puterea maximă. Putem considera pînă aici că ΔP și $\Delta\delta$ sînt pozitive. Pentru unghiuri mai mari de 45°, puterea P scade dar $\Delta\delta$ continuă să fie pozitiv *). Astfel, în cele două regimuri, ΔP crește în primul și scade în al doilea, se pot găsi regimuri duale în care puterea este aceeași dar tensiunea U este diferită.

Dacă produsul $I_0 I_{wm}$ are aceeași valoare în cele două regimuri, suprafețele triunghiurilor reprezentative ale puterilor sînt egale.

Vedem de aici că unghiul de 45° nu-și pierde valoarea informativă. Unghiul apare ca *o limită a puterii* active și în acest caz „regimurile corespunzătoare" nu sînt posibile peste această limită. Concluziile nu sînt încă complete, deoarece s-a neglijat curentul I_d. Vom reveni, deci (vezi [17]), la această importantă problemă după ce vom parcurge cîteva aplicații în care ne vom ocupa de cîteva aspecte esențiale ce este necesar a fi cunoscute de cei ce doresc o orientare vizuală simplă pe această cale (locuri geometrice, aspecte esențiale etc.).

30.2. *Aspecte calitative deduse cu ajutorul geometriei figurii.* Alegerea unghiului δ, ca variabilă independentă care este și *unghiul dintre cei doi curenți de scurtcircuit*, conduce în general la imagini simple, așa cum am arătat la paragrafele 28 și 29. Imaginea fixează anumite geometrii (unghiuri, segmente, suprafețe) care exprimă relații de dependență. Astfel, derivatele parțiale sînt ușor de reprezentat pentru variabilele independente.

Să enumerăm cîteva aplicații care se obțin prin reprezentarea incrementului funcției P, funcție de una sau două variabile independente (relațiile (24) și (26)), cu ajutorul imaginii nodale.

În figura 39 sînt prezentate o serie de poziții ale generatorului echivalent (vezi [15] și [16]) format pe imaginea nodului *REI cu sarcină unică*, rezultate din reprezentarea fiecărui generator în parte, nefigurați în figura 39. Generatorul echivalent rezultă din fazori însumați; se formează pe imaginea reprezentată de segmentele OO_n. Examinînd pentru o aceeași tensiune a nodului REI posibilitățile incrementului ΔP, pentru fiecare generator, se va putea stabili:

---

*) ΔP devine negativ, ceea ce arată că la creșterea cuplului motor al generatorului (crește δ_m) scade puterea sarcinii (instabilitate).

Scanned with OKEN Scanner

— Dacă cuplurile sincronizate sînt suficient de puternice.

— Poziția optimală a fiecărui generator și caracterizarea sistemului din punct de vedere al siguranței. Detalierea pe fiecare generator în parte se pretează la bogate aprecieri pentru fiecare din regimurile OO_n.

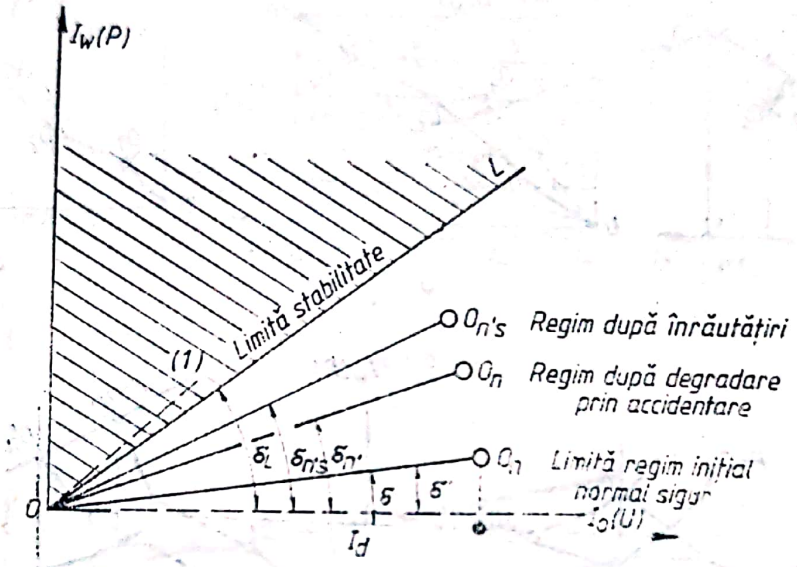


Fig. 39. — Zone caracterizînd regimurile probabile din punct de vedere al stabilității (cupluri sincronizante) după înscrierea rezultantei fazorilor generatori (OO_n) pe figură.

Figurile 40 prezintă locuri geometrice ce se deduc pe imaginea nodală a unui nod REI (sau nod real) printr-o „geometrie incrementală". Ele se pot aprecia pe cele 5 figuri astfel :

Figura 40 *a* — locul geometric al fazorilor (curenții de scurt-circuit în sarcină) în ipoteza menținerii tensiunii nodului de aceeași valoare (contribuția fiecărui generator).

Figura 40 *b* — idem, pentru menținerea constantă a puterii P și a celei corespunzătoare fiecărui generator.

Figura 40 *c* — posibilități de evoluție a fazorilor în ipoteza menținerii constante a puterii P și a tensiunii U.

Figurile 40 *d*, *e* — diverse posibilități pentru obținerea unor puteri. Curba *c*, *hiperbolă echilateră*, reprezintă locul punctului O_n cu putere constantă (U și I_w variabili) care e foarte util în cercetări cu funcții incrementale (vezi și fig. 43).

Scanned with OKEN Scanner

Efectul reglajului (fig. 41) tensiunii cu ajutorul grupului sincron este de natură a influența regimul generatorilor. Considerăm ca *variabilă independentă* tensiunea ce se dorește a fi obținută. Se va găsi poziția optimă pentru fiecare generator (ΔP), mai ales dacă o parte atinseseră valorile curenților maximi.

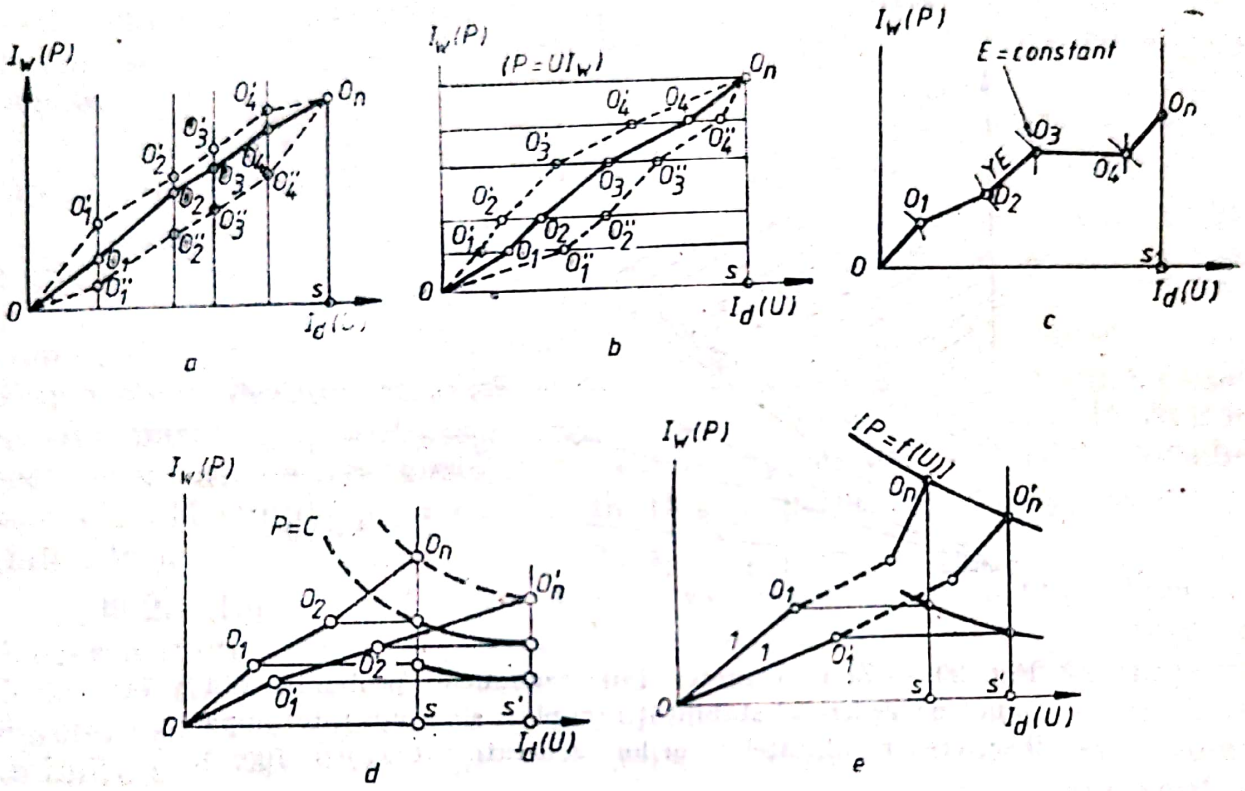


Fig. 40. — Locuri geometrice ale fazorilor reprezentativi ai generatorilor.

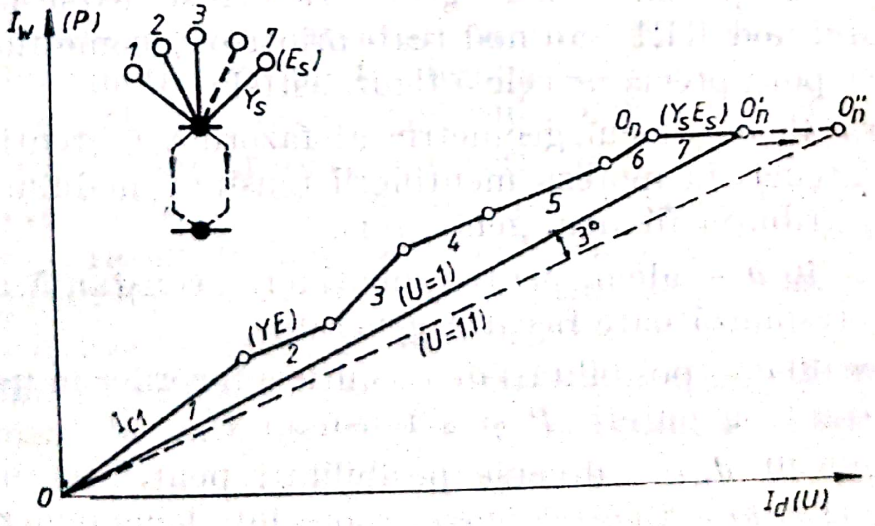


Fig. 41. — Figurarea introducerii unui compensator sincron în nodul 7. Tensiunea în nodul analizat poate fi mărită cu maximum 10 %.

Scanned with OKEN Scanner

În figura 42 se prezintă o orientare cu totul generală a importanței fiecărui generator cu tensiunea aplicată în două noduri *a* și *b*. Se figurează, apoi, un accident asupra generatorului *G*. Cu toate că lanțul fazorilor nu mai rămîne exact, totuși orientativ lanțul nou cu regimul instantaneu rezultat, orientează.

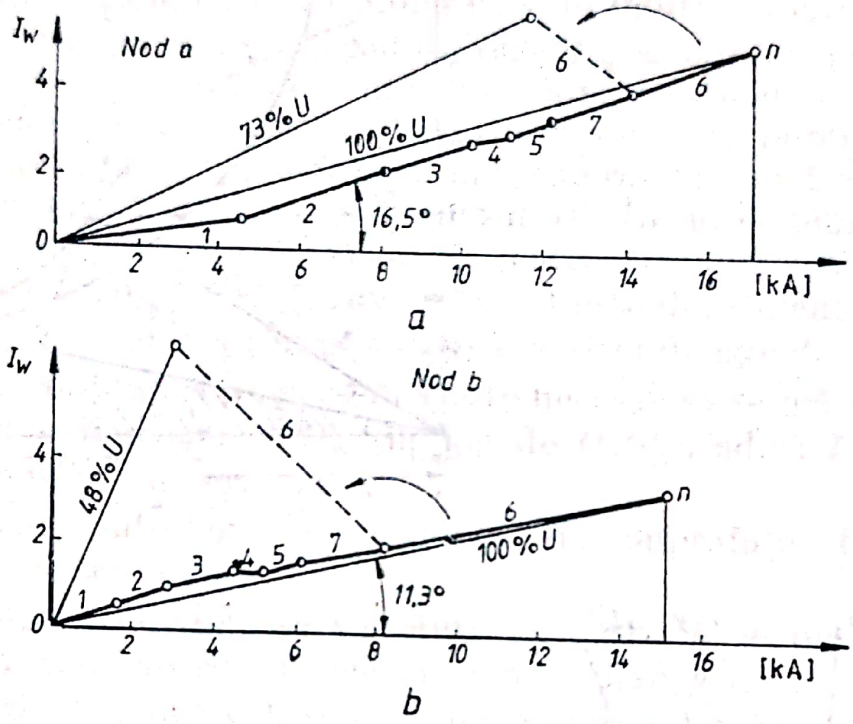
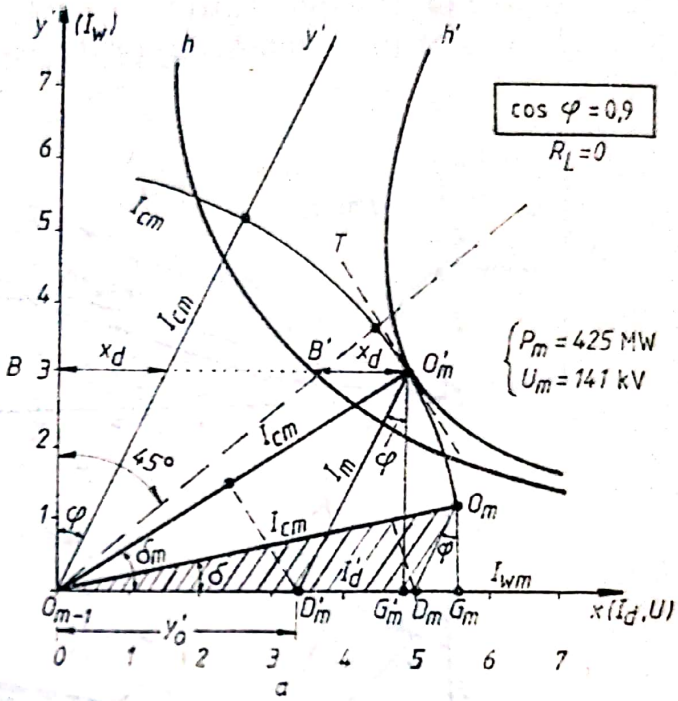


Fig. 42. — Variația generatorului *6* văzută din nodul *a* și din nodul *b*.

30.3. *Coordonate oblice simplificatoare ale imaginii în cazuri particulare.* Reluăm cazul din figura 3 *c* în ipoteza că generatorul *m* produce și puterea reactivă pentru nodul cercetat. Pe de o parte, dorim să ne informăm asupra stării nodului *m*, în diverse situații, în ipoteza că tensiunea *U* este variabilă, iar pe de altă parte, determinăm, în acest caz, care este puterea maximă pentru o anumită tensiune E_m a generatorului (curentul de scurtcircuit al generatorului rămîne deci constant), cu unghiurile δ și φ variabile.

În figura 43 se prezintă imaginile nodale în acest caz *aparent* complicat. Pentru rezolvare ne folosim de locul geometric al puterilor constante, care este hiperbolă echilateră (vezi fig. 40 *d*) în cazul axelor rectangulare (în cazul de față axa absciselor măsoară tensiunea *U*, iar axa ordonatelor curentul activ). Suprafața UI_w reprezintă valoarea puterii active.

În figura 43 *a*, *h* reprezintă curba puterilor active, constantă (425 MW) în cazul axelor rectangulare. Se observă că dacă generatorul *m* (care bineînțeles poate fi și un generator echivalent) debi-



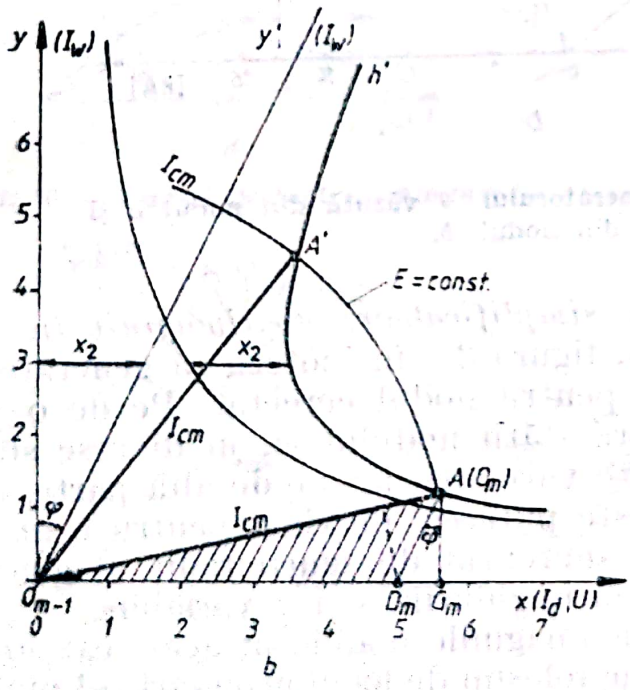


Fig. 43. — Imagini nodale cu axe oblice : *a* — puterea maximă a generatorului (*O'm*) ; *b* — regimuri duale.

tează puterea reactivă cu un unghi φ, atunci folosirea axelor oblice devine interesantă. Astfel, în locul considerării a două variabile independente δ și φ vom folosi numai una și anume δ, utilizînd însă axele

oblice cu diverse unghiuri φ. În figurile 43 *a* și *b* s-a notat cu y axa ordonatelor, în coordonate rectangulare, care a fost înlocuită cu y', în coordonate oblice, cu păstrarea aceleiași axe a absciselor, notată cu x. Pentru diverși factori de putere ai generatorului m se pot trasa tot atîtea axe y'. În figurile 43 *a* și *b* s-a considerat același unghi φ pentru care vom determina soluțiile în două cazuri.

Primul, puterea maximă a generatorului m cu tensiunea (E_m) constantă iar tensiunea U variabilă ca și în figura 38 *c*.

În acest caz, trasăm cercul de rază I_{cm} al curentului de scurtcircuit al generatorului m (sau al celui echivalent pentru un nod REI cu sarcină unică). În cazul axelor rectangulare y, puterea maximă constantă, avînd $I_d = 0$, se află la întretăierea curbei h cu bisectoarea B' a unghiului de 90° — în punctul B'. În acest punct unghiul φ ar fi fost zero. În cazul axelor y', scara tensiunilor rămîne aceea hotărîtă de I'_0, adică fără I_d, deoarece el este dependent de unghiul φ care hotărăște folosirea unui sistem sau altul de axe de coordonate.

Pentru obținerea axelor noi y' este necesar să se măsoare curentul activ pe segmentul $O'_m D'_m$ (în loc de $O'_m G'_m$), adică $I_m/\cos\varphi$. În această situație se determină :

— Scara puterilor (determinată de suprafața triunghiului $O_{m-1} D_m O_m$) se schimbă.

— Puterea maximă se va căuta pe curba h' a puterilor constante, raportată de rîndul acesta la noile axe $y'x$.

— x își păstrează valoarea, cu noua scară a tensiunilor pentru y, ca și pentru puteri, care acum sînt reprezentate de suprafața triunghiului $O_{m-1} D_m\ O_m$ (fig. 43).

— Curbele puterilor constante, pentru φ = const., se vor trasa raportate la aceste noi axe. Va rezulta locul geometric al punctelor h' în care produsul $I_{cw} \cdot U$ = constant (hiperbole echilatere), iar I_{cw} devine $I_m/\cos\varphi$ și se va citi pe axa y'. Puterea maximă va rezulta în punctul de tangență al celor două curbe determinate de I_{cm} și h'.

— *Puterile duale* vor fi reprezentate de intersecția A' și A, ale curbelor de tipul h' cu cercul I_{cm} al curentului de scurtcircuit. Aceste intersecții corespund la aceeași putere P, dar la două tensiuni U diferite, în A' mai mică.

Atît puterea maximă cît și puterile duale corespunzătoare unui anumit curent de scurtcircuit (și o anumită tensiune E) sînt primele aplicații foarte interesante ale axelor de coordonate oblice :

Scanned with OKEN Scanner

— *Puterea maximă* rezultă din figura 43, astfel :

Trasăm bisectoarea unghiului φ de 45° (pe figura $O_{m-1}O'_m$) pe care îl fac noile coordonate oblice. Trasăm tangenta T la curba I_{cm} în punctul unde această curbă intersectează bisectoarea. Determinăm puterea ce corespunde pe noile axe acestui punct și am determinat puterea maximă căutată. Aceasta rezultă din faptul că curba puterilor constante (hiperbolă echilateră) este simetrică și în cazul coordonatelor oblice față de bisectoare (curba h'). Tangenta la cercul I_{cm} în punctul O'_m, unde bisectoarea intersectează cercul, I_{cm} este implicit și tangenta la curba puterilor constante h'. În punctul O'_m citim această putere.

— *Regimurile duale* (fig. 43 *b*) se determină din trasarea curbelor de putere constantă (h' în fig. 43) cu noile coordonate oblice. Intersecțiile A și A' localizează puterile duale pentru un anumit curent de scurtcircuit (I_{cm}). Unul din cele două regimuri (A' în general) poate fi instabil, corespunzînd unei tensiuni degradate.

Cercetări în legătură cu fenomenul de degradare a tensiunii, stabilitatea și starea diverselor centrale în timpul degradării sînt spectaculoase (vezi [39, 40] în care s-a examinat fenomenul din rețeaua franceză din decembrie 1978). În general se poate spune că examinarea pe calea creșterilor incrementale poate fi foarte fructuoasă dacă este asociată imaginilor nodale ale metodei REI. În exemplul de mai sus, imaginea nodală putea fi utilizată pentru vizualizarea părții principale a incrementului funcției studiate (P), utilizînd două variabile independente (δ și φ). Rotirea axei y cu diverse valori pentru φ reduce problema la o singură variabilă independentă și o vizualizare pe o imagine foarte clară cu coordonate oblice.

Imaginea, prin geometria ei, care include mărimile caracteristice nodale (tensiuni, curenți activi, reactivi, factor de putere, puteri active, reactive, unghiuri etc.) facilitează mult evidențierea fenomenelor și natura lor. Fără a furniza cifre exacte dă indicații prețioase calitative și mai ales arată schimbările și „direcțiile" ce sînt de încercat, plecînd de la o stare cunoscută, pentru a realiza anumite situații (mărirea puterilor sincronizante, alegerea centralelor în care sînt necesare schimbări de regimuri pentru mărirea fiabilității, probleme economice etc. [18,41]).

Aplicarea corectă a ecuațiilor incrementale pe imaginea nodală cere unele operații în legătură cu natura sistemelor electroenergetice. În continuare ne vom ocupa de acest important aspect.

Scanned with OKEN Scanner

31. Aplicarea funcţiilor incrementale considerînd natura sistemelor electroenergetice moderne vaste interconectate

Vom semnala cîteva aspecte importante. Pentru aceasta vom porni de la schema cea mai simplă a două noduri, unul generator cu tensiunea E_1, al doilea de sarcină cu tensiunea U şi o linie l de interconexiune între ele. Ambele noduri (REI sau reale) sînt plasate într-o reţea modernă, bogat interconectată, cu *reglaje automate* ale *tensiunii şi frecvenţei* (fig. 44).

Linia l este considerată ca un π echivalent cu picioare corespunzînd capacităţii liniei figurată ca o simplă reactanţă, pierderile ohmice fiind integrate în sarcină. Influenţa externă acestei scheme elementare s-a figurat cu săgeţi punctate (fig. 44 *a*).

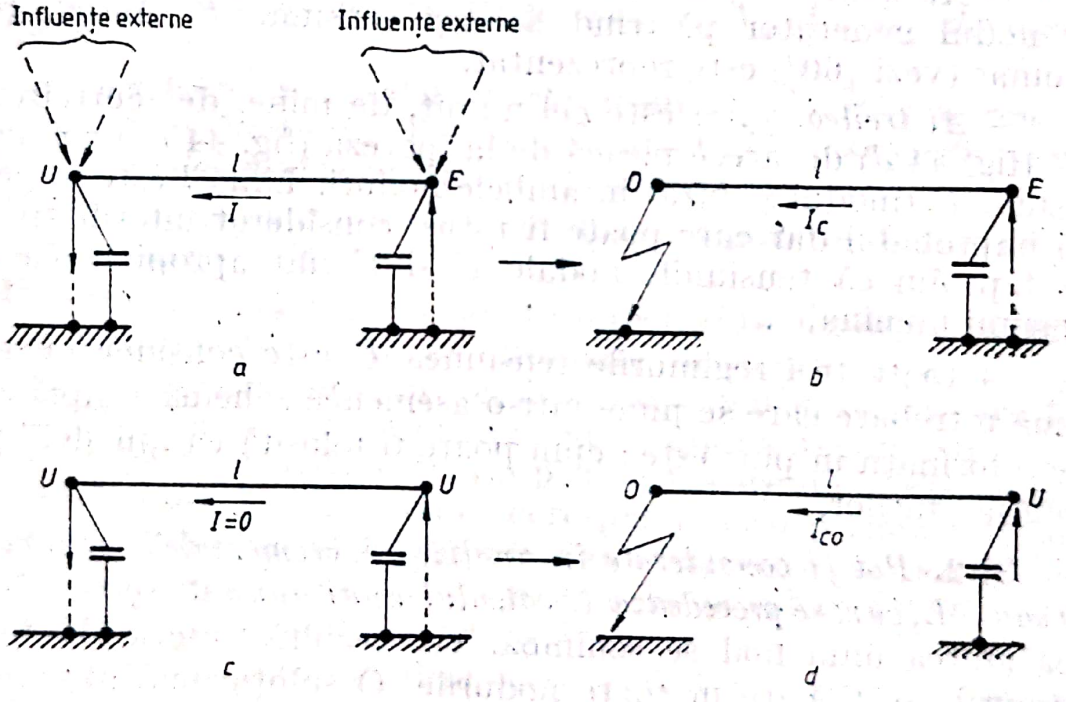


Fig. 44. — Cele două regimuri de scurtcircuit (în sarcină şi în gol : *a* şi *c* — stări iniţiale ; *b* şi *d* — regimuri în scurtcircuit).

Trebuie să ţinem seama de reglajele automate permanente ce intervin într-o asemenea schemă precum şi de influenţele externe, în figurarea incrementelor în cazul problemelor de siguranţă de natura

celor arătate mai sus ($\Delta P/\Delta S$, dQ/dU, variația cuplurilor sincronizante etc.).

Felix Wu [53] are deosebitul merit de a fi inițiat în domeniul rețelelor REI cercetările *„incrementale"*. În lucrarea prezentată nu s-a ținut, însă, cont de reglajul automat care este de importanță capitală în calcularea rețelelor moderne, de aceea, concluziile pot fi folosite numai ca orientare generală (vezi [41]).

Pentru o bună înțelegere a felului cum este necesar a se pune problema vom pleca de la informațiile ce se obțin în plus prin utilizarea curenților de scurtcircuit, considerînd și reglajele.

★

31.1. *Regimul de referință reprezentat prin diagrame de curenți de scurtcircuit dă informații deduse din trei regimuri.* Determinarea curenților de scurtcircuit conduce la informații în plus care pot fi considerate ca obținute din noi regimuri. Astfel:

— *Primul regim* este evident cel de referință (fig. 44 *a*).

— *Al doilea regim* este cel cu *nodul sarcinei în scurtcircuit*, dar nodul generator păstrînd aceeași tensiune E. Astfel, reglajul automat (vezi [60]) este reprezentat.

— *Al treilea regim* este cel numit, de mine, de scurtcircuit „în gol" (fig. 44 *d*) deoarece pleacă de la ipoteza (fig. 44 *c*) unei aceleiași tensiuni U (modul și fază) în ambele noduri. Linia l este în gol. Regim improbabil dar care poate fi totuși considerat informativ datorită faptului că tensiunile nodale U și E sînt apropiate ca modul (tensiuni nominale).

În toate trei regimurile tensiunea U este considerată aceeași. Prima întrebare care se pune într-o asemenea schemă simplă ce conține informații în plus este: cum poate fi folosită ca „model" pentru evoluția stărilor.

31.2. *Pot fi considerate în analize „incrementale" noduri de tip PQ sau PE, cum se procedează la calculul unui anumit regim?* Teoretic, dacă starea unui nod se schimbă, vor rezulta practic diferențe în regimurile staționare în toate nodurile. O soluție mai apropiată de stările staționare reale ale unei rețele, stări de fapt în continuă mișcare prin variațiile consumatorilor, este cea în care:

— *Nodurile PQ* prezintă și ele o tensiune U *ce rezultă reglată* în jurul valorilor nominale. Menținerea nivelului tensiunilor nominale în întreaga rețea este o caracteristică generală a unei rețele moderne.

Scanned with OKEN Scanner

— *Nodurile PE*, la rîndul lor, pot fi considerate ca debitînd puteri reactive cu variații mici, corespunzînd modulului reglat al tensiunei E în regim staționar. Dealtfel, de multe ori noduri generatoare *PE* sînt trecute în noduri *PQ* în determinarea unor regimuri. Acest lucru apare necesar adesea pentru grupuri ce au atins puterea și curentul maxim. Valoarea tensiunii se menține în jurul valorii nominale.

În legătură cu „arta" grupării nodurilor, în noduri echivalente REI, recomandăm interesantele cercetări AEP (S.U.A. [62, 44]) care nu s-au oprit la considerații teoretice, ci au trecut la verificări pe viu în timp real, deci beneficiind de prezența reglajului automat. Verificările s-au făcut în rețeaua AEP (Est-S.U.A.) prin scoaterea din circuit a unor linii puternice de 765 kV, comparînd apoi rezultatele obținute cu modelele REI cu cele măsurate pe rețeaua reală. Redăm concluziile:

„*S-a arătat că echivalenții de tip REI pot fi ușor actualizați în timp real în contrast cu echivalenții de tip Ward care nu apar ca adaptabili pentru o actualizare în timp real, de tipul celei descrise în acest studiu*"

„*De asemenea, s-a arătat că echivalenții de tip REI se comportă cu mult mai bine decît orice altă tehnică de echivalare și pentru aceasta sînt de recomandat pentru utilizarea în timp real*".

Notăm că comparația s-a făcut între 5 tipuri de tehnici de echivalare, între care și REI *).

Părerea noastră este că aceste importante rezultate AEP sînt datorate faptului că reglajele automate de tensiune și frecvență sînt prezente permanent în rețelele vaste moderne pe care le-au cercetat. Dacă pentru determinarea unui anumit regim este necesar să considerăm două mărimi fixate pentru fiecare nod (*PQ* sau *PE*), starea reală numită „staționară" corespunde la o permanentă intervenție a reglajelor cu *schimb de roluri în menținerea tensiunilor nominale sau a frecvenței în noduri și regimuri*. La întrebarea pusă mai sus, aceste considerații conduc la concluzia:

Considerarea într-o analiză incrementală a stării rețelei nu poate fi făcută considerînd pentru fiecare nod în parte mărimile (PQ și PV)

---

*) Semnalăm un interesant studiu prezentat la conferință CIGRE 1982 [59] cu titlul „O măsură de calitate pentru a evalua rețele echivalente" în care se conclude cu un exemplu simplu: ....., rețeaua echivalentă *REI*" dă rezultate mult mai precise decît rețeaua echivalentă „*injecții fixe*". Denumește prin „injecții fixe" mărimile caracterizînd echivalentul lui Ward care figurează și în analizele AEP [62]. În exemplul citat tensiunile s-au considerat constante (reglate).

Scanned with OKEN Scanner

ce servesc la determinarea regimurilor. Modelul trebuie să reproducă stările reale prin care evoluează regimurile staționare în permanentă „schimbare incrementală" ale injecțiilor în noduri cu reglajul permanent al tensiunilor și frecvenței. În interesantul studiu al lui Wu [53] se ajunge la concluzia că o „reducere REI" este exactă pentru creșterea incrementului dacă :

— Pentru nodurile PQ tensiunea nodurilor sînt în fază în regimul de referință.

— Pentru nodurile PV suma unghiurilor tensiunilor cu cel al factorului de putere este aceeași în regimul de referință.

Aceste severe condiții imposibile real pot ajuta însă ca o orientare în evaluarea erorilor, așa cum am încercat să facem în [41].

Evoluția reală a nodurilor trebuie considerată așa cum s-a arătat în paragrafele 31.1 și 31.2 (vezi fig. 44).

31.3. *Limitarea în studii incrementale pe imaginea nodală la o singură variabilă independentă, reprezentată în geometria imaginei.* În examinări considerînd ecuații incrementale se obțin simplificări spectaculoase prin considerarea frecvenței și a tensiunilor nominale automat *reglate*, în intervale scurte de timp în toate nodurile. Se pot face și analize detaliate considerînd evident în reglajul frecvenței numai anumite noduri generatoare ce o reglează real, și eventual dinamica repartițiilor locale și zonele în intervenția reglajului, în urma dinamicii puterilor în noduri.

Imaginea nodală, *diagramă de curenți*, poate reprezenta direct după cum s-a arătat și tensiuni, precum și puteri active și reactive cu evoluțiile lor „incrementale".

Utilizarea imaginilor nodale permite limitarea în final la o singură variabilă independentă din cele două variabile ce intervin în evoluția stărilor și anume :

— Tensiunea nominală a nodurilor (E, U).

— Frecvența (evoluția unghiului δ din fig. 39).

Prin fixarea uneia din ele se pot studia stările evoluției regimurilor staționare corespunzătoare evoluției celei de-a doua.

Variațiile incrementale ale acestor două variabile se reduc pe imaginea nodală la variația incrementală a unui vector al imaginii așa cum s-a arătat la paragraful 30 :

— *Variația segmentului* reprezentativ al tensiunii fără modificare a unghiului cu axele imaginii.

— *Variația unghiului* aceluiași vector corespunzător abaterii frecvenței de la frecvența nominală.

Scanned with OKEN Scanner

Putem varia fie *curentul de scurtcircuit* corespunzător tensiunii generatorului, fie *unghiul pe care acest curent* îl face cu axa absciselor, sensibil la variaţia frecvenţei locale, unghi care se va restabili reglat corespunzător unei alte puteri a generatorului.

★

Un ultim aspect al cercetărilor incrementale în cazul nodurilor REI. Importanţa grupării nodurilor cu aceeaşi natură rămîne şi aici esenţială. Totuşi, indicaţii calitative pot fi obţinute şi cu abateri de la această regulă. Trebuie întotdeauna avut în vedere că mărimea esenţială este *puterea* în sistemele electroenergetice.

Atunci cînd amestecăm nodurile, puterea activă a nodului prezentat va fi o diferenţă iar pierderile totale ale reţelei echivalente vor fi mai mici decît cele reale. Cu puterea reactivă, care rămîne asociată în procesul energiei problema este mult mai simplă, mai ales dacă se caută numai o echivalare a reţelei la nodurile ei de frontieră pentru un sistem exterior (sistemul studiat). Pierderile în reţeaua echivalentă pot fi mai mici, dacă corespund totuşi în anumite evoluţii, la aceleaşi tensiuni, curenţi şi puteri pentru nodurile de frontieră în schimbul cu reţeaua în studiu. În lucrarea [41] sînt arătate diverse căi cu posibilităţile noi ale electronicii (reţea de miniordinatoare, microprocesoare etc., cu roluri conversaţionale: calculator cu calculator, vezi şi [47]).

★

32. Modelul reţea şi „cercetarea incrementală" în alte domenii ce prezintă analogii cu reţelele electrice

32.1. *Reţele de gaz.* Grigore Iachim, cunoscut specialist în petrol şi gaze [63], mi-a sugerat posibilităţi de aplicare a AND în problemele de reţele de gaz, care la fel ca reţelele electrice pun probleme de transfer şi distribuţie, cu surse şi numeroşi consumatori. Din puţinele consfătuiri avute cu regretatul profesor Ioachim am ajuns la concluzia că legile după care evoluează producerea, transportul şi alimentarea consumatorilor de gaz sînt mult mai greu de *liniarizat* decît ale reţelelor electrice unde legea lui Ohm este suverană. Mi-am reamintit de cele discutate, considerînd posibilităţile ecuaţiilor incrementale, în care „partea principală" a schimbărilor ar putea eventual să fie aproximată cu o expresie liniară. Nu fac aici nici un comentariu

Scanned with OKEN Scanner

în legătură cu posibilități de aplicare pentru rețelele de gaz, în soluționarea diverselor probleme pe care le pune și pe care le cunosc prea puțin.

32.2. *Rețele de apă.* La fel ca rețelele de gaz, rețelele de apă pentru alimentarea unei aglomerații (oraș, industrie ... etc.) au topologii de rețea. Lipsa de apă prin care se trece acum, putem spune pe glob, va necesita din ce în ce mai mult surse noi (desalinizări ale apei de mare), transporturi pînă la locuri de consum, și rețele de distribuție. La fel ca și în cazul gazului, nu pot comenta posibilitățile de studiu cu AND sau ANM al problemelor specifice acestui domeniu, dar cred totuși și aici că ecuațiile incrementale ar permite poate liniarizarea ce ar ușura raționamentul cu indicații calitative.

32.3. *Rețele de comunicații* și informaționale. În informatică, în continuă dezvoltare, rețelele ce transmit date pun la rîndul lor probleme noi. Ele leagă diverse centre (noduri) ce emit și primesc date cu arhitecturi noi, care în multe cazuri folosesc sprijinul sateliților. Tehnologia modernă are astăzi la dispoziție mijloace noi, de mare eficacitate pentru circulația informațiilor. Nu întrevedem pentru asemenea formații moderne aplicații ale ecuațiilor incrementale. Dacă însă semnalăm aceste noi posibilități ale informaticii (vezi nota 4 și figura 4 din [47]) o facem *în sprijinul cercetătorilor*. Ei pot gîndi în ideile noi ce le caută scontînd beneficiul noilor dezvoltări în informatică, informația putînd fi prezentă oriunde, venind din orice loc și în timpul util necesar unei anumite cercetări sau organizări. Modelul rețea rămîne bineînțeles și aici cu posibilități deosebite în reprezentarea „sistemelor informaționale".

Pe de altă parte, chiar pentru „băncile de date" se utilizează modelele rețea ce alcătuiesc o memorie fizică suport de tip arboresc (în general ierarhizate) sau reticular. Astfel, „vizualizarea" ar putea deveni un ajutor prețios pentru cercetătorul viitorului în căutarea noului, în multitudinea datelor ce nu vor putea fi stăpînite decît de atotputernicele bănci de date ce se anunță în perspectivă.

Scanned with OKEN Scanner

POSTFAȚĂ

„Ochii sînt martori mai credincioși decît urechile"

HERACLID din EFES (540—475)

Insistența noastră asupra „vizualizării" în epoca electronicii triumfătoare către noi culmi ale inteligenței artificiale poate apare ca o poziție depășită. Roboții iau locul omului în procesele industriale, iar creierul electronic își depășește în permanență performanțele.

Dar tocmai în această situație în care este pus azi cercetătorul care *caută* „*noul*", vizualizarea unei geometrii sau figuri sintetizînd un ansamblu își păstrează mai departe interesul.

Să lămurim mai întîi de ce figuri sau geometrii este vorba.

Astăzi sînt utilizate pe scară largă afișe, prospecte, desene publicitare clare, ce conțin comparații între elementele prezentate prin elemente geometrice sugestive, de variate dimensiuni și culori. Chiar „designul" modern [64] necesită transmiterea informațiilor în interiorul organizației pe asemenea căi, care ușurează percepția rapidă a conducătorilor sau a celor interesați. Nu la asemenea categorii de „imagini" ne referim în legătură cu „vizualizarea" cercetătorului care caută noul.

În prezentările vizuale menționate mai sus și în general în cele publicitare, obiectul prezentat este cunoscut. Se caută deci o percepție ușoară pentru persoana căreia i se adresează. Nu acesta este cazul cercetătorului care caută stări noi sau evoluții noi, într-un domeniu în care consideră toate elementele ce îi sînt cunoscute, și încearcă să lămurească posibilități și drumuri noi. De multe ori „noul" pe care îl va descoperi îi este complet necunoscut inițial. Formarea modelului pe care își va face cercetarea are acum o importanță esențială. De aceea arta cercetătorului va consta în primul rînd în alegerea modelului cu ajutorul căruia va putea percepe noul căutat. Este evident că această alegere este dependentă de aptitudinile cercetătorului. Sînt însă unele trăsături generale elementare, binecunoscute în domeniul medical, care este util să fie considerate.

Scanned with OKEN Scanner

Astfel vom reproduce cîteva rînduri din cartea lui Henri Pequinot de la spitalul Cochin (Paris) în legătură cu evoluţia aptitudinilor (vezi paragraful Sistemul nervos din [64]):

„Începutul declinului aptitudinilor este foarte precoce... începe către 30 ani, cel mai tîrziu, pentru reacţiunile psihomotoare, către 20—24 ani pentru funcţiile de memorie, de atenţie şi iuţeală a înţelegerii şi raţionamentului, şi *chiar de la 13 ani pentru memoria recunoaşterii imaginilor auditive*".

Dacă de la 13 ani în sus începe degradarea memoriei auditive, iar de la 20—24 ani şi a atenţiei, percepţiei şi înţelegerii, este clar că în modelul cercetătorului trecut evident de aceste vîrste va trebui să se considere aceste realităţi. Acest model poate fi prezentat de calculator sub orice formă. Prezentarea vizuală pentru sistemele ce permit o reprezentare reţea apare ca deosebit de interesantă. Modelul cu noduri şi ramuri înfăţişat pe ecran reprezintă simultan pentru cercetător toate elementele ce sînt prezente în problema cercetată. Memorizarea lor prin prezentări auditive în parte sau în total ar cere un plus de atenţie şi va conduce la o dificultate în plus pentru percepţie.

Dacă mai adăugăm faptul că nodurile pot apare în diverse culori, indicînd anumite naturi, şi în diverse forme (pătrate, cercuri etc.) corespunzătoare caracteristicilor, iar ramurile, idem, pot fi trasate în diverse alternative (cu săgeţi de direcţie, benzi mai late sau mai înguste), putem afirma că un asemenea *model vizual* poate stimula „memoria de atenţie", cum o numeşte Pequinot, şi uşura percepţia ansamblului cercetat.

Arta formării unui model în cercetarea investigatoare pentru cercetător va rezulta dintr-o înţelegere prealabilă a *ierarhiei elementelor reprezentate* în ansamblul studiat pentru problema ce şi-a propus să lămurească. Reprezentarea grafică va pune în evidenţă această ierarhie pe ecranele calculatorului în dialog cu cercetătorul. Elasticitatea figurii în cazul modelelor reţea şi posibilităţile dinamice de transformare a ei conform rezultatelor succesive obţinute sînt elemente valoroase pe care cercetătorul le va putea folosi în dialog.

Trebuie să adăugăm avantajele ce se pot obţine dacă în sistemul studiat se pot forma „imagini nodale" asupra cărora am insistat în acest text şi care vor arăta vizual posibilităţi evolutive în domeniul respectiv. Aceste imagini sînt cu atît mai valoroase cu cît grafic, printr-o geometrie simplă, reprezintă reguli specifice ce corespund naturii sistemului studiat. Astfel desenul în care introducem o schimbare (segment, unghi etc.) ne va obliga prin interdependenţa elementelor ce trebuie să respectăm, să închidem figura conform geometriei

Scanned with OKEN Scanner

specifice corespunzătoare legilor de evoluţie ale domeniului cercetat. Obţinem astfel o informaţie ce poate fi sugestia necesară în problema cercetată. Ne limităm la exemplul imaginii nodale, diagramă de curenţi din AND, care utilizează curenţi de scurtcircuit, mărimi ce se calculau exclusiv pentru dimensionări de circuite, atribuindu-le un rol în imaginea nodală, care poate fi considerat că se încadrează în „ergonomia intelectuală" în domeniul reţelelor electrice complexe şi dezvoltate conform ultimelor evoluţii (vezi partea a cincea).

★

Am ţinut să adaug aceste rînduri pentru a fi bine înţeles. Ne-am permis să formulăm anumite sugestii şi în domenii pe care le cunoaştem insuficient, care trebuie considerate ca sugestii fără alte pretenţii.

Complexitatea problemei *ergonomiei intelectuale* în relaţiile cercetător-ordinator, noul într-un domeniu sau altul, are multe componente şi dependenţe încă confuze la ora actuală. De aceea, plecînd de la aspectele arătate în [7] şi comentate de noi, cu excepţia „vizualizării" asupra căreia insistam şi în acest final deoarece corespunde naturii omului, evoluţiile viitoare ale „ergonomiei intelectuale" pot oferi surprize pe care azi nu le vedem. Privitor la acestea recomandăm celor interesaţi lucrarea recent apărută [68] în care sînt prezentate evoluţii noi de un deosebit interes teoretic şi practic.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

1. E. GRANDJEAN, *Physiologische Arbeitsgestaltung Leitfades der Ergonomie,* Ott Verlag—Thun und München, 1967.
2. MAURICE MONTMOLLIN, *Les système Hoomes-Machines,* Presse Universitaires de France, 1967.
3. EL. POPESCU, M. MIREA, GH., IOSIF, P. ENE, G. CRISTIAN, *Ghid ergonomic,* Edit. Dacia, 1972.
4. MIRCEA HERIVAN, *Meridiane pedagogice,* Edit. didactică și pedagogică, București, 1973.
5. H. KAHN, J. A. WIENER, *The year 2 000,* Hudson Institute Inc., 1967.
6. F. A. OSBORN, *L'imagination constructive,* Ed. Dunod, Paris, 1971.
7. MIRCEA MALIȚA, *Aurul cenușiu,* Edit. Dacia, Cluj-Napoca, 1972.
8. A. EINSTEIN, L. INFELD, *The Evolution of Physics,* Simon & Schuster, N. Y., 1938.
9. R. L. ACKOFF, M. W. SARIENI, *Fundamentals of operations research,* John Wiley & Sons, Inc., New York, USA, 1968.
10. M. RICHARDSON, *Element de mathematiques modernes,* Ed. Dunod, Paris, 1962.
11. M. FRANK, *Dictionnaire des Science Philosophiques,* Paris, Hachette et Co, 1975.
12. A. L. ZADEH, A. C. DESOER, *Linear System Theory,* McGraw-Hill, Book Company, New York, 1963.
13. A. L. ZADEH, E. POLLAK, *System Theory,* McGraw-Hill Book Company, New York, 1969.
14. VLAD IONESCU, *Sisteme liniare,* Edit. Academiei, București, 1975.
15. P. DIMO, 1. *Analiza nodală a sistemelor electroenergetice,* Edit. Academiei, București, 1968.
    2. *Analyse nodale des reseaux d'energie,* Ed. Eyrolles, Paris, 1971.
    3. *Uzlovoi analiz electriceskih sistem,* Ed. MIR, Moscova, 1973.
    4. *Nodal Analysis of Power Systems,* Abacus Press — Tunbridge Welles, Kent-England, 1975.
16. P. DIMO, *Analiza nodală și caracteristicile interdisciplinare ale conceptelor ei,* volumul *Cercetări multidisciplinare,* Edit. Academiei, București, 1972.
17. P. DIMO, *Modele REI și indicatori de stare,* Edit. Academiei, București, 1979.
18. P. DIMO, *Les modeles REI : Solution generale pour l'informatique future des reseaux d'energie. L'impact de l'estimateur d'état et du microprocesseur,* Rev. Roum. Sci. Techn. — Electrotechn. et Energ., **25**, *3* (1980) (Premiul fundației Montefiore — Belgia 1981).
19. ROBERT, ROBICHAUD, BOISVERT, *Graphes de fluence,* Ed. Eyrolles, Paris, 1961.

Scanned with OKEN Scanner

20. I. B. M. — System Journal, *Interactive graphics in data processing*, New York, Ed. I.B.M., 1968.
21. A.D. FRANCK, *Dictionnaire des sciences philosophiques* (pag. 926—933), Ed. Hachette & Co, Paris, 1875.
22. *Dicționarul explicativ al limbii române*, Editura Academiei, București, 1975.
23. E. FISCHBEIN, *Arta de a gîndi*, Edit. științifică, București, 1964.
24. C. BERGE, *Théorie des graphes et ses applications*, Ed. Dunod, Paris, 1967.
25. S. C. SĂVULESCU, *Grafos Diagrafos e Redes Electricas*, Instituto Brasiliero de edicoes cientificas, Av. Santo Amaro-Sao Paulo SP, 1980.
26. P. DIMO, *Anagraful*, Energetica, **18**, *9*, (1970).
27. P. DIMO, *Graphes REI et leurs images nodales*, Rev. Roum. Sci. Techn.—Electrotechn. et Energ., **14**, *2* (1969).
28. E. ARIE, *Schemas et images nodales attaches à des poblemes d'optimisation*, Rev. Roum. Sci. Techn.-Electrotechn. et. Energ., **14**, *2* (1969).
29. EDM. NICOLAU, C. BĂLĂCEANU, *Elemente de neurocibernetică*, Edit. științifică București, 1967.
30. D. KÖNIG, *Theorie der Endlichen und Unendlichen Graphen*, Leipzig, 1936 (Acad. Vert. M.B.H., New York, 1950 (Chelsea)).
31. S. J. MASON, *Feedback Theory : some properties of sygnal Flow Graph.*, Proc. Inst. Radio Engr. U.S.A., p. 1144—1156, sept. 1953.
32. W. K. LINVILL, *Sygnal Theory Issue*, Inst. Radio Engr. U.S.A., Trans. C.T. 3, *4*, 217—223, decembre (1956).
33. H. W. BODE, *Network Analysis and Feedback Amplifier Design*, Ed. Van Nostrand, New York 1945.
34. S. J. MASON, *Feedback Theory, further Properties of Signal Flow Graphs*. Proc. Inst. Radio Engr. U.S.A., Rapport No 40, p. 97—102 juillet (1956).
35. J. SHEKEL, *Voltage Reference Node — its transformation in Nodal Analysis*, Wireless Engr., *31*, 6—10 (1932).
36. I. S. ANTONIU, *Bazele electrotehnicii* (vol. 2, capitolul VI), Edit. didactică și pedagogică, 1974.
37. P. DIMO, *Analiza sistemelor electroenergetice prin separarea nodurilor și utilizarea curenților de scurtcircuit*, Edit. tehnică, București, 1959.
38. P. DIMO, *Simplification des problemes des reseaux pour l'introduction d'un nouveau concept : La scheme REI equivalent et son image*, CIGRE, Paris, Rapport 318, 1964.
39. S. IONESCU, B. UNGUREANU, *The dual Power States and voltage colaps Phenomena on electric Power Systems*, Rev. Roum. Sci. Techn.—Electrotechn. et Energ., **26**, *3* (1981).
40. J. P. BARRET, *L'incident vu par la simulation*, RGE 89 no. 4, apr., p. 315—326, 1980.
41. P. DIMO, *Le réseau REI appliqué a l'informatique presente et future des reseaux d'énergie*, Bulletin de la direction des études et recherches, E.D.F-B 2, 1982.
42. C. BĂLĂCEANU, EDM. NICOLAU, *Personalitatea umană — o interpretare cibernetică*, Edit. Junimea, Iași, 1972.
43. T.E.DY-LIACCO, S. C. SĂVULESCU, K. A. ROMARAO, *An on-line topological equivalent of power system*, IEEE, PAS 97, sept. 1550—1563 (1978).
44. J. F., DOPAZO, G. IRISARII, A. M. SASSON, *Real Time external System Equivalent for on line contingency Analysis*, IEEE, PAS 98, *6* (1979).
45. HOUSOOS EFTHYMIOS, IRISARRI GUILLERMO (A.E.P.), *Real Time results with on-line Notwork Equivalents for Control center application*, IEEE, Summer meeting Portland — Oregon, July, 26—31, 1981.
46. W. F. TINNEY, W. L. POWELL, *The REI Approach Fo Power Network Equivalents of a Power System*, PICA Toronto-Canada, may, 1977.

Scanned with OKEN Scanner

47. * * * IEEE Working Group on Power System Control Centers (WG 73—3): Dr. T. E. Dy-Liacco — Chairman — W. A. Johnson, S. H. Bouchary, M. D. Couch, Paul Emmerich, S. A. Klein and M.D. Anderson (session chairman), Inter-Utility computer data exanges, IEEE, PES, Summer Meeting, Portland Oregon, July, 26—31, 1981.
48. M. DRĂGĂNESCU, V. SĂHLEANU, C. BĂLĂCEANU, A. GIUCULESCU, G. ȘTEFAN, P. MOCANU, *Precursori români ai coberneticii*, Edit. Academiei, București, 1979.
49. H. W. BODE, *Network Analysis and Feedback Amplifier Design*, Van Nostrand, New York, 1945.
50. N. WIENER, *CYBERNETICS or control and communication in the animal and the machine* (second edition), The M.I.T. Press-Cambridge, Massachusetts, 1962.
51. PAUL DIMO. *L'analyse des reseaux d'energie par la méthode nodale des courants de cuortcircuits—L'image des noeuds*, Revue Générale de l'Electricité (R.G.E.), *3*, Mars, Paris, 151—175 (1962).
52. V. PREPELIȚĂ, *Stabilization graph of feedback-equivalent System*, Rev. Roum. Sci. Techn.—Electrotechn et. Energ., **20**, *3*, 431—438 (1975).
53. WU FELIX, N. NARASIMHAMURTI, *Necessary conditions for REI reduction to be exact*, IEEE, Winter Meeting, 1979.
54. C. V. NEGOIȚĂ, D. A. RALESCU, *Mulțimi vagi și aplicațiile lor*, Edit. tehnică, București, 1974.
55. L. A. ZADEH, *Fuzzy Sets. Information and Control*, **8**, 338—353, June (1965).
56. PATRICH HENRY WINSTON, *Inteligența artificială* (traducere din limba engleză), Edit. tehnică, București, 1980.
57. J. WARD, *Equivalent circuits for Power Flow Studies*, Trems AIEEE, PAS—68, 373—382 (1949).
58. JAMES — Mathematical dictionary, D. Van Nostrand Company Inc. Toronto, New York, London, Princeton New-Jersey, 1966.
59. P. BURRI, G. ZAJC, *Une mesure de qualité pour évaluer des reseaux équivalents*, CIGRE, Rapport 32—11, 1982.
60. V. A. VENICOV, *Electrical network performance calculations and analysis*, Mir publishers, Moscow, 1978.
61. E. C. HOUSOS, G. IRISARRI, R. M. PORTER, A. M. SASSON, *Steady state network equivalents for power system planning applications*, IEEE, PAS-99, *6*, Nov/Dec (1980).
62. E. C. HOUSOS, G. IRISARRI, *Real time results with on-line network equivalents for control center application*, IEEE, Summer meeting, Portland-Oregon, July 26—31 (1981).
63. * * * Personalități românești ale științelor naturii și tehnicii — Dicționar — p. 115—119, Edit. științifică și enciclopedică, București, 1983.
64. ADRIAN POPESCU, *Orientări în management*, Edit. politică, București, 1982.
65. HENRI PEQUIGNOT, *Vieillir et être vieux*, Librairie Philosophique, J. Vrin 6, Place de la Sorbonne V^e, 1981.
66. V. N. GHIRCOIAȘU, C. MIRON, *Grafuri de fluență și aplicații în tehnică*, Edit. tehnică, București, 1974.
67. V. DUMITRACHE, M. UNGUREANU, *Băncile de date*, Edit. științifică și enciclopedică, București, 1982.
68. M. DRĂGĂNESCU (sub redacția), *Intelgența artificială și robotica*, Edit. Academiei, București 1983.

Scanned with OKEN Scanner

PAUL DIMO, **Ergonomie intelectuală cu modelul rețea (Intelectual ergonomy with a network model)**, Editura Academiei Republicii Socialiste România, București, 1983, 144 p.

ABSTRACT

The work tackles an altogether new and highly topical issue with prospects of great applications. It refers to solving problems in various fields of research in man's intellectual activity with the help of the "man-machine" dialogue, the "machine" in this case being the electronic computer which is steadily improving.

The autor presents various possible solutions in forming the network model in a field or in another. The efficiency for research of the network models is examined, starting from the REI networks of the Nodal Analysis, suggested by the author, fluency graphs and, in general, any network models specific to a certain system. Intuitive models are suggested, with solutions by visualising the model with „nodal images", analogous to those of the REI network. The author insists on the advantage of models which permit the researcher to get sugestive "visualisation" in the man-computer interface. The explosive evolution of electronics creates new conditions to the researcher of the new, in a dialogue with the electronic brain, when intellectual ergonomy becomes a main component.

Scanned with OKEN Scanner

Redactor : EUGEN MARINEANU
Tehnoredactor : FELICIA BOLOCAN

Bun de tipar : 1. XI. 1983. Format : 16/61×86.
Coli tipar : 9

C. Z. pentru biblioteci mari : { *658.304.1 [153 : 007*
153 : 007] : 658.304.1
681.142 — 83 : 153] : 658.304.1

C. Z. pentru biblioteci mici : 658.304 : [153 : 007]

---

c. 210 I. P. INFORMAȚIA
Str. Brezoianu nr. 23—25
București

Scanned with OKEN Scanner